

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

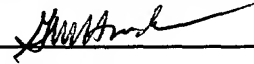
In re the application of: Masahiro MURASATO, Ritsu TANAKA and Yuki BESSHO

Filed: Concurrently herewith

For: WORKING-FLUID MOVING DEVICE

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on July 25, 2003 under "EXPRESS MAIL" mailing label number EL 989117515 US



SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2003-84485	March 26, 2003

In support of this claim, a certified copy of the Japanese Application is enclosed herewith.

Respectfully submitted,



Stephen P. Burr
Reg. No. 32,970

July 25, 2003

Date

SPB/gmh

BURR & BROWN
P.O. Box 7068
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 025191
Telephone: (315) 233-8300
Facsimile: (315) 233-8320

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 3月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-084485

[ST.10/C]:

[JP 2003-084485]

出 願 人

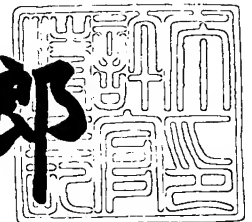
Applicant(s):

日本碍子株式会社

2003年 6月12日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3046073

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA03-035

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F01B 11/00

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式
 会社内

 【氏名】 村里 真寛

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式
 会社内

 【氏名】 田中 立

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式
 会社内

 【氏名】 別所 裕樹

【特許出願人】

 【識別番号】 000004064

 【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088971

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

 【識別番号】 100115185

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 加藤 慎治

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 特願2002-218175

【出願日】 平成14年 7月26日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075994

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0104913

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 作動流体移動デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 作動流体と、第 2 作動流体と、流路を含むとともに同流路内に前記第 1 作動流体と前記第 2 作動流体とを収容した収容体と、を備えた作動流体移動デバイスであって、

前記収容体は、前記流路の壁面の少なくとも一部が変形することにより同流路の断面形状が変化する変形可能部を有し、同変形可能部が第 1 の状態にあるとき前記第 1 作動流体が同変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触するとともに前記第 2 作動流体が同第 1 作動流体が存在していない部分の同流路の内壁面に実質的に接触するように同第 1 作動流体及び同第 2 作動流体を収容し、

前記第 1 作動流体及び前記第 2 作動流体は、前記流路の内壁面に対する同第 1 作動流体の濡れ性が、同流路の内壁面に対する同第 2 作動流体の濡れ性よりも非良好な流体となるようにそれぞれ選択され、

前記変形可能部が変形して前記第 1 の状態から同第 1 の状態とは異なる第 2 の状態となると、前記第 1 作動流体が前記流路の内壁面に対する濡れ性に基づく斥力によって移動するように構成された作動流体移動デバイス。

【請求項 2】

第 1 作動流体と、第 2 作動流体と、少なくとも対向する一对の壁面を有してなり同対向する一对の壁面により形成される流路内に前記第 1 作動流体と前記第 2 作動流体とを収容した収容体と、を備えた作動流体移動デバイスであって、

前記収容体は、前記流路の一对の壁面の少なくとも一部が変形することにより同一対の壁面の内側間の距離が第 1 距離と同第 1 距離より短い第 2 距離となる変形可能部を有し、同変形可能部における同一対の壁面の内側間の距離が同第 1 の距離にあるとき、前記第 1 作動流体が同変形可能部における同一対の壁面の内側に実質的に接触するとともに前記第 2 作動流体が同第 1 作動流体が存在していない部分において同流路の一对の壁面の内側に実質的に接触するように同第 1 作動流体及び同第 2 作動流体を収容し、

前記第 1 作動流体及び前記第 2 作動流体は、前記流路の一对の壁面の内側に対する同第 1 作動流体の濡れ性が、同流路の一对の壁面の内側に対する同第 2 作動流体の濡れ性よりも非良好な流体となるようにそれぞれ選択され、

前記変形可能部が変形して前記一对の壁面の内側間の距離が前記第 1 距離から前記第 2 距離へと変化するとき、前記第 1 作動流体が同一対の壁面の内側に対する濡れ性に基づく斥力によって移動するように構成された作動流体移動デバイス。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の作動流体移動デバイスであって、

前記収容体は、一つの前記流路に対して前記変形可能部を複数有するとともに、各変形可能部の変形により同各変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触する前記第 1 作動流体が前記斥力によって移動するように構成された作動流体移動デバイス。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて、

前記第 1 作動流体は非圧縮性の流体であり、前記第 2 作動流体は圧縮性の流体である作動流体移動デバイス。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて、

前記第 1 作動流体は液体であり、前記第 2 作動流体は前記第 1 作動流体の蒸気である作動流体移動デバイス。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて、

前記第 1 作動流体は液体金属である作動流体移動デバイス。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の作動流体移動デバイスにおいて、

前記液体金属は、水銀又はガリウム合金である作動流体移動デバイス。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスであって、

前記変形可能部の壁面の少なくとも一部を変形させる力を発生するアクチュエータを備えるとともに、同変形される壁面の少なくとも一部はダイヤフラムである作動流体移動デバイス。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 7 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスであって、
前記変形可能部の変形する壁面が互いに対向する一対のダイヤフラムにより構成され、

前記一対のダイヤフラムの各々に固定された一対のアクチュエータを備えた作動流体移動デバイス。

【請求項 10】

請求項 8 又は請求項 9 に記載の作動流体移動デバイスにおいて、

前記アクチュエータは、圧電／電歪膜又は反強誘電体膜を含む膜型圧電素子を含んでなる作動流体移動デバイス。

【請求項 11】

請求項 8 乃至請求項 10 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記ダイヤフラムは、セラミックスダイヤフラムである作動流体移動デバイス。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記変形可能部はセラミックスから構成されてなる作動流体移動デバイス。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 12 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記変形可能部の内壁面はセラミックスから構成されてなる作動流体移動デバイス。

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 13 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記変形可能部の内壁面を前記第 1 作動流体に対する濡れ性が非良好な材料で被覆してなる作動流体移動デバイス。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至請求項 1 3 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記変形可能部の内壁面を前記第 1 作動流体に対する濡れ性が非良好となるように改質してなる作動流体移動デバイス。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至請求項 1 5 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスにおいて

前記収容体の流路は密閉空間として形成され、同収容体は前記変形可能部の変形に伴う同密閉空間の容積変化分を吸収する容積変化吸収部を備えた作動流体移動デバイス。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 1 6 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスであって

前記第 1 作動流体は、前記変形可能部の変形にともない一つの流体塊から二つ以上の流体塊に分離するように構成された作動流体移動デバイス。

【請求項 1 8】

請求項 1 乃至請求項 1 7 の何れか一項に記載の作動流体移動デバイスであって

前記第 1 作動流体は導電性の流体であり、

前記第 2 作動流体は絶縁性の流体であり、

前記変形可能部が変形する前は前記第 1 作動流体を介して導通状態及び非導通状態のうちの一つの状態となり、同変形可能部が変形した後は同第 1 作動流体が移動することによって導通状態及び非導通状態のうちの他の一つの状態となる少なくとも一対の端子を備えた作動流体移動デバイス。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の作動流体移動デバイスであって、

一つの前記流路に前記変形可能部及び前記一对の端子からなる端子導通状態の切換器を複数形成した作動流体移動デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気経路や光学経路等の切換え等を利用され得るスイッチングデバイス、押圧部の位置等を検出するセンサ、或いは、シリンダ等の駆動源等として利用され得るデバイスであって、作動流体を移動する作動流体移動デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、この種の作動流体移動デバイスとしては、例えば、図 1 4 に示した構造を有するデバイス 1 0 0 が知られている。デバイス 1 0 0 は、断面が長方形の流路 1 0 1 と、流路 1 0 1 内に收容された第 1 作動流体（移動体） 1 0 2 及び同第 1 作動流体 1 0 2 よりも流路 1 0 1 の内壁に対する濡れ性が良好な第 2 作動流体 1 0 3 と、流路 1 0 1 の両端に配置された一对のポンプ室 1 0 4、1 0 5 とを備えている。このデバイス 1 0 0 は、ポンプ室 1 0 4 から第 2 作動流体 1 0 3 を流路 1 0 1 内に流出させることにより第 1 作動流体 1 0 2 を図 1 4 において右方向に移動せしめ、ポンプ室 1 0 5 から第 2 作動流体 1 0 3 を流路 1 0 1 内に流出させることで第 1 作動流体 1 0 2 を図 1 4 において左方向に移動せしめるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

この場合、第 1 作動流体 1 0 2 は第 2 作動流体 1 0 3 に対して流路 1 0 1 の内壁に対する濡れ性が良好ではないから、図 1 4 の 1 - 1 線に沿った平面にて流路 1 0 1 を切断した断面図である図 1 5 に示したように、同第 1 作動流体 1 0 2 と同流路 1 0 1 の角部の内壁面との間には微小な隙 SP が形成される。このため、第 2 作動流体 1 0 3 は第 1 作動流体 1 0 2 を移動せしめる際にこの隙 SP の中を通過

する。

【0004】

従って、第1作動流体102を所望の距離だけ移動させるためには、ポンプ室104及びポンプ室105の何れか一つは、同第1作動流体102の移動時に排除する第2作動流体103の容積と隙SPを通過する同第2作動流体103の容積の合計に相当する量の同第2作動流体103を、流路101内に流入させ、同ポンプ室104及び同ポンプ室105のうちの他の一つは、同流入された第2作動流体103と同量の第2作動流体103を流路101から排除しなければならない。

【0005】

このため、上記デバイス100においては、第1作動流体102を高速で移動させようとする、短時間内に大量の第2作動流体103を流入・排除する必要があり、ポンプ室104、105の吐出性能によっては第1作動流体102を高速で移動できないという問題がある。

【0006】

また、上記デバイス100は、ポンプ室104、105の容積を変化させ、第2作動流体103を流路101に流入させ、その結果、第1作動流体102を移動させる。このため、ポンプ室104、105の駆動力は、第1作動流体102に直接的に加わらず、第2作動流体103を介して間接的に伝搬される。従って、ポンプ室104、105の駆動力により第1作動流体102を移動させるまでに時間遅れが生じるので、デバイス100の応答性が良好でないという問題がある。また、ポンプ室104、105の駆動力が第1作動流体102の移動となって現われるまでにおける力（エネルギー）の損失が大きいので、デバイス100はエネルギー消費量が大きいという問題をも有している。

【0007】

一方、第1作動流体102の流路101の内壁に対する濡れ性を第2作動流体103の流路101の内壁に対する濡れ性よりも良好にすれば、図15に示したような隙SPは発生せず、ポンプ室104、105の発生する力が効率よく第1作動流体102に加わる。しかしながら、この場合には第1作動流体102と流路

101の内壁面との間の摩擦抵抗が大きくなるので、ポンプ室104, 105はより大きな力を発生するように設計されなければならない、デバイス100の大型化、消費エネルギーの増大等の問題が生じる。

【0008】

本発明は、上記の課題に対処するためになされたものであり、その目的の一つは、作動流体（移動すべき流体）と流路壁面との間の濡れ性に基づく斥力を利用して、同作動流体に対し駆動力を直接的に作用させて同作動流体を移動させることにより、エネルギーの変換ロスが小さく、応答性が良好である作動流体移動デバイスを提供することにある。

【0009】

【本発明の概要】

上記目的を達成するため、本発明の作動流体移動デバイスは、第1作動流体と、第2作動流体と、流路を含むとともに同流路内に前記第1作動流体と前記第2作動流体とを収容した収容体と、を備えた作動流体移動デバイスであって、前記収容体は、前記流路の壁面の少なくとも一部が変形することにより同流路の断面形状が変化する変形可能部を有し、同変形可能部が第1の状態にあるとき前記第1作動流体が同変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触するとともに前記第2作動流体が同第1作動流体が存在していない部分の同流路の内壁面に実質的に接触するように同第1作動流体及び同第2作動流体を収容し、前記第1作動流体及び前記第2作動流体は、前記流路の内壁面に対する同第1作動流体の濡れ性が、同流路の内壁面に対する同第2作動流体の濡れ性よりも非良好な流体となるようにそれぞれ選択され、前記変形可能部が変形して前記第1の状態から同第1の状態とは異なる第2の状態となるとき、前記第1作動流体が前記流路の内壁面に対する濡れ性に基づく斥力によって移動するように構成される。

【0010】

これによれば、第1作動流体は流路の変形可能部が例えば初期状態等の第1の状態にあるとき同変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触し、第2作動流体は同流路の他の部分において同流路の内壁面に実質的に接触している。この第1作動流体の流路の内壁面に対する濡れ性は、第2作動流体の同流路の内壁

面に対する濡れ性よりも非良好である。従って、前記変形可能部が変形して前記第 1 の状態から同第 1 の状態とは異なる第 2 の状態となるとき、前記第 1 作動流体は前記流路の内壁面に対する濡れ性に基づいて同内壁面から斥力を受け、流路内を移動する。

【 0 0 1 1 】

同様に、本発明による他の作動流体移動デバイスは、第 1 作動流体と、第 2 作動流体と、少なくとも対向する一对の壁面を有してなり同対向する一对の壁面により形成される流路内に前記第 1 作動流体と前記第 2 作動流体とを収容した収容体と、を備えた作動流体移動デバイスであって、前記収容体は、前記流路の一对の壁面の少なくとも一部が変形することにより同一対の壁面の内側間の距離が第 1 距離と同第 1 距離より短い第 2 距離となる変形可能部を有し、同変形可能部における同一対の壁面の内側間の距離が同第 1 の距離にあるとき、前記第 1 作動流体が同変形可能部における同一対の壁面の内側に実質的に接触するとともに前記第 2 作動流体が同第 1 作動流体が存在していない部分において同流路の一对の壁面の内側に実質的に接触するように同第 1 作動流体及び同第 2 作動流体を収容し、前記第 1 作動流体及び前記第 2 作動流体は、前記流路の一对の壁面の内側に対する同第 1 作動流体の濡れ性が、同流路の一对の壁面の内側に対する同第 2 作動流体の濡れ性よりも非良好な流体となるようにそれぞれ選択され、前記変形可能部が変形して前記一对の壁面の内側間の距離が前記第 1 距離から前記第 2 距離へと変化するとき、前記第 1 作動流体が同一対の壁面の内側に対する濡れ性に基づく斥力によって移動するように構成される。

【 0 0 1 2 】

これによれば、流路の変形可能部における一对の壁面の内側間の距離が第 1 の距離にあるとき、第 1 作動流体は変形可能部における同一対の壁面の内側に実質的に接触するとともに第 2 作動流体は同第 1 作動流体が存在していない部分において同流路の一对の壁面の内側に実質的に接触している。この第 1 作動流体の流路の一对の壁面の内側に対する濡れ性は、第 2 作動流体の同流路の一对の壁面の内側に対する濡れ性よりも非良好である。従って、前記変形可能部が変形して前記一对の壁面の内側間の距離が前記第 1 距離から前記第 2 距離へと変化するとき

、前記第 1 作動流体は同一対の壁面の内側に対する濡れ性に基づく斥力を同一対の壁面から受け、流路内を移動する。

【 0 0 1 3 】

このように、上記何れかの作動流体移動デバイスは、流路の壁面と第 1 作動流体との間の非良好な濡れ性に起因する斥力を利用して同第 1 作動流体を移動せしめるので、変形可能部の変形が直ちに同第 1 作動流体の移動に変換される。従って、変形可能部の変形をアクチュエータにより発生させる場合には、同アクチュエータの消費エネルギーを抑制しながら第 1 作動流体を移動させることが可能となる。また、アクチュエータの有無に関わらず、変形可能部の変形が第 1 作動流体の移動へと遅滞なく変化するから、応答性の優れた作動流体移動デバイスが提供される。

【 0 0 1 4 】

また、上記何れかの作動流体移動デバイスにおいて、前記収容体は、一つの前記流路に対して前記変形可能部を複数有するとともに、各変形可能部の変形により同各変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触する前記第 1 作動流体が前記斥力によって移動するように構成されることが好適である。

【 0 0 1 5 】

これによれば、一つの流路に一つの変形可能部を形成した作動流体移動デバイスを複数個使用した場合と実質的に同じ機能を達成できるとともに、流路本数が少ないので、第 1、第 2 作動流体を流路内に充填するのに要する手間及び労力等を低減することができる。また、第 1 作動流体の移動速度を決定する要因となる流路内圧力の調整回数を低減することができる。

【 0 0 1 6 】

更に、二つ以上の流路変形部を使用するので、少なくとも一つの流路変形部を変形させずに他の総べての流路変形部を変形させた場合でも、流路内の圧力変化量（圧力減少量及び／又は圧力増加量）を、一つの流路に一つの流路変形部を形成した作動流体移動デバイスにおける同流路変形部の変形に伴う圧力変化量よりも低減することができる。

【 0 0 1 7 】

このような作動流体移動デバイスにおいて、前記第 1 作動流体は非圧縮性の流体であり、前記第 2 作動流体は圧縮性の流体であることが好適である。また、前記第 1 作動流体は液体であり、前記第 2 作動流体は前記第 1 作動流体の蒸気であることが好適である。このように各作動流体を選択すれば、変形可能部の変形に伴う流路の容積変化を第 2 作動流体の圧縮により吸収することができる。

【 0 0 1 8 】

また、前記第 1 作動流体は、水銀又はガリウム合金等からなる液体金属であることが好適である。これによれば、例えば、スイッチ端子間の導通・非導通状態を第 1 作動流体により切り換えることも可能となる。

【 0 0 1 9 】

また、前記何れかの作動流体移動デバイスは、変形可能部の壁面の少なくとも一部を変形させる力を発生するアクチュエータを備えるとともに、同変形される壁面の少なくとも一部はダイヤフラムであることが好適である。更に、前記変形可能部の変形する壁面が互いに対向する一対のダイヤフラムにより構成され、前記一対のダイヤフラムの各々に固定された一対のアクチュエータを備えることも好適である。これらによれば、作動流体移動デバイスは、切換スイッチ、ロッドレスシリンダー、或いは光学ディスプレイ素子等の能動素子として用いることも可能となる。また、後者のように、一対のアクチュエータを備えれば、変形可能部の変形量を容易に大きくすることができる。

【 0 0 2 0 】

更に、前記アクチュエータは、圧電／電歪膜又は反強誘電体膜を含む膜型圧電素子を含んでなることが好適である。また、前記ダイヤフラム、前記変形可能部、又は変形可能部の内壁面は、セラミックスから構成されることが好適である。これらの各々によれば、能動素子として小型で耐久性に優れた作動流体移動デバイスを提供することができる。

【 0 0 2 1 】

また、前記変形可能部の内壁面を前記第 1 作動流体に対する濡れ性が非良好な材料で被覆すること、或いは、前記変形可能部の内壁面を前記第 1 作動流体に対する濡れ性が非良好となるように改質することが好適である。これらの各々によ

れば、上記濡れ性に基づく斥力を発生する作動流体移動デバイスを容易に提供することができ、また、収容体の材質や第 1 作動流体の選択範囲を広げることができる。

【 0 0 2 2 】

更に、前記収容体の流路は密閉空間として形成され、同収容体は前記変形可能部の変形に伴う同密閉空間の容積変化分を吸収する容積変化吸収部を備えることが好適である。これによれば、第 2 作動流体の圧縮性に依らなくても変形可能部の容積変化を容易に吸収できるので、第 2 作動流体の選択範囲を広げることができる。

【 0 0 2 3 】

また、これらの作動流体移動デバイスの一態様として、前記第 1 作動流体が、前記変形可能部の変形にともない一つの流体塊から二つ以上の流体塊に分離するように構成されたものを挙げることができる。

【 0 0 2 4 】

また、上記何れか作動流体移動デバイスであって、前記第 1 作動流体は導電性の流体であり、前記第 2 作動流体は絶縁性の流体であり、前記変形可能部が変形する前は前記第 1 作動流体を介して導通状態及び非導通状態のうちの一つの状態となり、同変形可能部が変形した後は同第 1 作動流体が移動することに伴って導通状態及び非導通状態のうちの他の一つの状態となる少なくとも一対の端子を備えることが好適である。これによれば、極めて優れた応答性を有する切換スイッチを提供することができる。

【 0 0 2 5 】

また、前記一対の端子を備える形式の作動流体移動デバイスが、一つの流路に前記変形可能部及び前記一対の端子からなる端子導通状態切換器を複数形成してなることも好適である。これは、一つの流路を使用して複数のスイッチを備えたスイッチングユニットである。

【 0 0 2 6 】

これによれば、一つの流路に一つの端子導通状態切換器を形成した作動流体移動デバイスを複数個使用した場合と同じスイッチング機能を達成できるとともに

、流路本数が少ないので、第 1，第 2 作動流体を流路内に充填するのに要する手間及び労力等を低減することができる。また、一つの端子（電極部）を、同一つの端子を挟むように隣接する二つの端子に対する共通電極として使用することも可能となり、この場合、端子数を低減することができるので、デバイスのコストを低下させることができる。

【 0 0 2 7 】

更に、この場合、二つ以上の流路変形部を使用するので、少なくとも一つの流路変形部を変形させずに他の総べての流路変形部を変形させた場合でも、流路内の圧力変化量（圧力減少量及び／又は圧力増加量）を、一つの流路に一つの端子導通状態切換器を形成した作動流体移動デバイスにおける流路変形部の変形に伴う圧力変化量よりも低減することができる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による作動流体移動デバイスの各実施形態について、図面を参照しながら説明する。なお、本発明は、これらの実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良を加え得るものである。また、以下の説明において、各作動流体移動デバイスに共通する構成部分には同一符号を付すこととする。

【 0 0 2 9 】

（第 1 実施形態）

図 1（A）は、本発明の第 1 実施形態に係る作動流体移動デバイス 10 の初期状態（第 1 の状態）における縦断面図であり、図 1（B）は同作動流体移動デバイス 10 の平面図である。図 1（A）は図 1（B）の 2－2 線に沿った平面にて同デバイス 10 を切断した断面図である。同様に、図 2（A）は、作動流体移動デバイス 10 の駆動状態（電圧印加時、第 2 の状態）における縦断面図であり、図 2（B）は同作動流体移動デバイス 10 の平面図である。この場合も、図 2（A）は図 2（B）の 3－3 線に沿った平面にて同デバイス 10 を切断した断面図である。

【 0 0 3 0 】

この作動流体移動デバイス 1 0 は、オン－オフ型のスイッチとして機能するものであり、互いに直交する X 軸、Y 軸及び Z 軸方向に沿って延びる各辺を有する略直方体形状のセラミックスからなる収容体 1 1 と、アクチュエータとしての圧電／電歪膜 1 2 とを備えている。収容体 1 1 は、その内部に流路 1 3 を備えている。収容体 1 1 の Y 軸に沿った辺は最も長く、X 軸及び Z 軸に沿った辺は Y 軸に沿った辺よりも短い。

【 0 0 3 1 】

収容体 1 1 は、Z 軸正方向に順に積層され、焼成一体化されたセラミックの薄板体（以下、「セラミックシート」と称呼する。）1 1 a ～ 1 1 c により構成されている。セラミックシート 1 1 a は剛性が高く、Z 軸方向に貫通した一対の電極 1 1 b, 1 1 b を備えている。電極 1 1 b, 1 1 b は、スイッチの接点に相当するものであり、セラミックシート 1 1 a の上面（Z 軸正方向側の面）にて同上面に沿うように形成された電極部（端子）1 1 b 1, 1 1 b 1 と、同セラミックシート 1 1 a の下面にて同下面に沿うように形成された接続部 1 1 b 2, 1 1 b 2 とを備えている。

【 0 0 3 2 】

セラミックシート 1 1 b は、長軸及び短軸がそれぞれ Y 軸及び X 軸方向に沿った長形状の貫通部を備えている。セラミックシート 1 1 c は、セラミックシート 1 1 a, 1 1 b よりも薄く（Z 軸方向の長さが短く）、剛性が低いので、変形可能なダイヤフラム（セラミックスダイヤフラム）を構成している。セラミックシート 1 1 b の貫通部は、セラミックシート 1 1 a の上面とセラミックシート 1 1 c の下面とにより閉塞され、流路 1 3 を構成している。即ち、流路 1 3 は、セラミックシート 1 1 b の貫通部の側壁面と、セラミックシート 1 1 a の上面と、セラミックシート 1 1 c の下面とにより画定され、長軸が Y 軸に沿うとともに、同長軸に直交する平面で切断した断面が X 軸及び Z 軸に沿う辺を有する長方形からなる中空の空間である。このように、収容体 1 1 は、セラミックシート 1 1 c が変形可能であることから、変形可能部を備えた流路 1 3 を有している。

【 0 0 3 3 】

圧電／電歪膜 1 2 は、セラミックシート 1 1 c の上面に焼成により一体化され

ていて、同圧電／電歪膜 1 2 の上面及び下面にそれぞれ形成された上部電極及び下部電極の間に電圧が印加されたとき（電位差が付与されたとき）、セラミックシート 1 1 c の Y 軸方向中央部を変形させる力（駆動力）を発生するようになっている。

【 0 0 3 4 】

流路 1 3 内には、第 1 作動流体 1 4 と第 2 作動流体 1 5 とが収容されている。第 1 作動流体 1 4 は、流路 1 3 の内壁面、より具体的には、流路 1 3 の対向する一対の内壁面（この場合、セラミックシート 1 1 a の上面とセラミックシート 1 1 c の下面）及びセラミックシート 1 1 b の貫通孔の側壁面に対して、第 2 作動流体 1 5 よりも良好でない（悪い）濡れ性を有している。換言すると、第 1 作動流体 1 4 の流路 1 3 の内壁面に対する接触角は、第 2 作動流体 1 5 の流路 1 3 の内壁面に対する接触角よりも大きい。また、第 1 作動流体 1 4 は、導電性を有するとともに非圧縮性を備えている。これに対し、第 2 作動流体 1 5 は、絶縁性を有するとともに、圧縮性である。本例においては、第 1 作動流体 1 4 は液体金属である液状の水銀で、第 2 作動流体 1 5 は水銀の蒸気である。

【 0 0 3 5 】

次に、上記のように構成された作動流体移動デバイス 1 0 の作動について説明する。作動流体移動デバイス 1 0 は、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に駆動のための電圧が印加されていない場合、図 1 (A) , (B) に示した初期状態（このような状態を、本明細書では「第 1 の状態」とも称呼する。）を維持する。この場合、第 1 作動流体 1 4 は、図 1 (A) 及び図 1 (B) に示したように、その表面積を最小にしようとして一つの流体塊（液胞）となり、流路 1 3 の Y 軸方向中央部近傍において同流路 1 3 の内壁面に実質的に接触する。また、第 2 作動流体 1 5 は、流路 1 3 内であって第 1 作動流体 1 4 が存在していない部分において、同流路 1 3 の内壁面に実質的に接触する。この結果、一対の電極部 1 1 b 1 , 1 1 b 1 は、導電性の第 1 作動流体 1 4 により同時に覆われて導通状態となる。なお、初期状態における収容体 1 1 の Y 軸方向中央部でのセラミックシート 1 1 a の上面とセラミックシート 1 1 c の下面の距離を、便宜上、第 1 距離と呼ぶ。

【 0 0 3 6 】

この状態において、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加すると、圧電／電歪膜 1 2 は横方向に（即ち、X-Y 平面に略平行な面内にて）収縮しようとするため、図 2（A）に示したように、セラミックシート 1 1 c の Y 軸方向中央部（圧電／電歪膜 1 2 が固定された部分）が下方へ屈曲変形する。その結果、流路 1 3 の Y 軸方向中央部近傍の断面形状が変化し、同流路 1 3 の Y 軸方向中央部の断面積（Y 軸方向に直交する平面で流路 1 3 を切断した断面の面積）が小さくなる。この場合、収容体 1 1 の Y 軸方向中央部におけるセラミックシート 1 1 a の上面とセラミックシート 1 1 c の下面の距離を、便宜上、第 2 距離と呼ぶ。また、このように、流路 1 3 の断面形状が変化せしめられた状態を、本明細書では「第 2 の状態」とも称呼する。

【 0 0 3 7 】

このとき、第 1 作動流体 1 4 は、流路 1 3 の壁面に対する濡れ性が第 2 作動流体 1 5 よりも良好でないから、同壁面から斥力を受け、表面積を最小にしようとして断面積が大きな流路 1 3 の Y 軸方向両端部に分断（分離）されて移動し、同両端部にてそれぞれ一つの流体塊となる。その際、第 2 作動流体 1 5 は、流路 1 3 の Y 軸両端部にて圧縮されるとともに、第 1 作動流体と流路 1 3 の内壁面（特に、内壁面角部）との間に形成される隙（図 1 5 の隙 SP と同様の隙）を介して流路 1 3 の Y 軸方向中央部に流れ込み、同中央部においても圧縮され、流路 1 3 の容積変化を吸収する。この結果、一对の電極部 1 1 b 1, 1 1 b 1 は第 1 作動流体 1 4 により覆われなくなり、絶縁性の第 2 作動流体 1 5 により覆われて非導通状態となる。

【 0 0 3 8 】

その後、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に対する電圧の印加を停止すると、セラミックシート 1 1 c 及び圧電／電歪膜 1 2 は復元し、作動流体移動デバイス 1 0 は図 1（A），（B）に示した初期状態に復帰する。これにより、第 1 作動流体 1 4 は、流路 1 3 の Y 軸方向中央部に向けて移動し、同部において一つの流体塊になる。この結果、一对の電極部 1 1 b 1, 1 1 b 1 は、導電性の第 1 作動流体 1 4 により再び覆われて導通状態となる。以上が、本実施形態の作

動である。

【 0 0 3 9 】

この第 1 実施形態に係る作動流体移動デバイス 1 0 は、以下の効果を達成することができる。

(1) 圧電／電歪膜 1 2 の発生する力がセラミックシート 1 1 c を介して第 1 作動流体 1 4 に直接的に作用して、第 1 作動流体 1 4 が移動せしめられるので、圧電／電歪膜 1 2 に付与される電気エネルギーが効率良く第 1 作動流体 1 4 の移動に使用される。換言すると、第 1 作動流体 1 4 の移動に係るエネルギーの変換ロスが小さいので、低消費電力の作動流体移動デバイスが提供される。

(2) セラミックシート 1 1 c の変形（流路 1 3 の壁面の変形）が直接的に第 1 作動流体 1 4 に作用して同作動流体 1 4 が移動せしめられるので、セラミックシート 1 1 c の変形（圧電／電歪膜 1 2 の力の発生）から同作動流体 1 4 が移動するまでの時間遅れが極めて短く、応答性に優れた作動流体移動デバイス（スイッチ）が提供される。

(3) 第 1 作動流体 1 4 を移動させる斥力は、セラミックシート 1 1 c の変形と同時に遅滞なく発生するから、圧電／電歪膜 1 2 により発生される力は、直ちに、且つ、無駄なく第 1 作動流体 1 4 に伝達され、同第 1 作動流体 1 4 を移動させる。

(4) 作動流体移動デバイス 1 0 は、第 1 作動流体 1 4 の表面張力、即ち、第 1 作動流体 1 4 の表面積を最小にしようとする性質を利用しているから、第 1 作動流体 1 4 は一旦分離した後に流路 1 3 の変形が消滅して同流路 1 3 の形状が復元したとき、再び、確実に一体化して一つの流体塊となる。このとき、圧電／電歪膜 1 2 に印加していた電圧を消滅させるだけでよく、従来技術のように、初期状態への復帰時にエネルギーを消費しないので、低電力消費の作動流体移動デバイスが提供される。なお、圧電／電歪膜 1 2 に印加していた電圧の正負方向を逆転させた電圧を同圧電／電歪膜 1 2 に印加することにより、駆動状態から初期状態へと一層早く戻すことも可能となる。

(5) このように、作動流体移動デバイス 1 0 は、第 1 作動流体 1 4 が流路 1 3 の壁面から受ける斥力を利用して同第 1 作動流体 1 4 を分断する。また、分断さ

れた第 1 作動流体 1 4 は、それぞれ表面張力により一つの流体塊となるので、安定的な動作が可能となる。

【 0 0 4 0 】

（第 2 実施形態）

次に、本発明の第 2 実施形態に係る作動流体移動デバイス 2 0 について図 3（A）及び図 3（B）を参照しながら説明する。なお、図 3（A）は作動流体移動デバイス 2 0 の初期状態（第 1 の状態）における縦断面図であり、図 3（B）は作動流体移動デバイス 2 0 の駆動状態（電圧印加時、第 2 の状態）における縦断面図である。作動流体移動デバイス 2 0 の平面図は、初期状態にあるときは図 1（B）と同様であり、駆動状態にあるときは図 2（B）と同様であるので省略する。また、電極 1 1 b，1 1 b は、図示が省略されている。

【 0 0 4 1 】

この作動流体移動デバイス 2 0 は、上述した作動流体移動デバイス 1 0 の流路 1 3 の一部（下壁面）を構成するセラミックシート 1 1 a を同デバイス 1 0 の圧電／電歪膜 1 2 を備えたセラミックシート 1 1 c と同様な変形可能なものに置換した点のみにおいて同デバイス 1 0 と相違している。

【 0 0 4 2 】

即ち、作動流体移動デバイス 2 0 は、圧電／電歪膜 1 2 が焼成により一体化された一対のセラミックシート 1 1 c，1 1 c と、この一対のセラミックシート 1 1 c，1 1 c に挟まれて同一対のセラミックシート 1 1 c，1 1 c と一体化されたセラミックシート 1 1 b とからなる収容体 2 1 を備えていて、セラミックシート 1 1 b の貫通孔の側壁面と一対のセラミックシート 1 1 c，1 1 c の圧電／電歪膜 1 2 が形成されていない各壁面とにより、流路 2 2 が形成されている。流路 2 2 内には、上記第 1 作動流体 1 4 と上記第 2 作動流体 1 5 とが収容されている。

【 0 0 4 3 】

このように構成された作動流体移動デバイス 2 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 と同様に作動する。即ち、作動流体移動デバイス 2 0 は、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に駆動のための電圧が印加されていない場合、図 3（A）

に示した初期状態を維持し、第 1 作動流体 1 4 はその表面積を最小にしようとして流路 2 2 の Y 軸方向中央部にて一つの流体塊となる。このとき、第 1 作動流体 1 4 は流路 2 2 の Y 軸方向中央部近傍において同流路 2 2 の内壁面に実質的に接触する。また、第 2 作動流体 1 5 は、流路 2 2 内であって第 1 作動流体 1 4 が存在していない部分において、同流路 2 2 の内壁面に実質的に接触する。この場合、初期状態における収容体 2 1 の Y 軸方向中央部での一对のセラミックシート 1 1 c, 1 1 c の内壁面間の距離を、便宜上、第 1 距離と呼ぶ。

【 0 0 4 4 】

この状態において、一对の圧電／電歪膜 1 2, 1 2 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加すると、各圧電／電歪膜 1 2 は横方向に（即ち、X-Y 平面に略平行な面内にて）収縮しようとするため、図 3（B）に示したように、セラミックシート 1 1 c, 1 1 c の各中央部（圧電／電歪膜 1 2 が固定された部分）が互いに接近するように屈曲変形する。その結果、流路 2 2 の断面形状が変化し、同流路 2 2 の Y 軸方向中央部の断面積が小さくなる。この場合、一对のセラミックシート 1 1 c, 1 1 c の内壁面間の距離を、便宜上、第 2 距離と呼ぶ。

【 0 0 4 5 】

このとき、第 1 作動流体 1 4 は、流路 2 2 の壁面に対する濡れ性が第 2 作動流体 1 5 よりも良好でないから、同壁面から斥力を受け、表面積を最小にしようとして断面積が大きな流路 2 2 の Y 軸方向両端部に分断されて移動し、同両端部にてそれぞれ一つの流体塊となる。その際、第 2 作動流体 1 5 は、流路 2 2 の Y 軸両端部にて圧縮されるとともに、第 1 作動流体 1 4 と流路 2 2 の内壁面（特に、内壁面角部）との間に形成される隙を介して流路 2 2 の略中央部に流れ込み、同中央部においても圧縮され、流路 2 2 の容積変化を吸収する。

【 0 0 4 6 】

その後、一对の圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に対する電圧の印加を停止すると、セラミックシート 1 1 c 及び圧電／電歪膜 1 2 は復元し、作動流体移動デバイス 2 0 は図 3（A）に示した初期状態に復帰する。これにより、第 1 作動流体 1 4 は、流路 2 2 の Y 軸方向中央部に向けて移動し、同部において一つの流体塊になる。以上が、本実施形態の作動である。

【 0 0 4 7 】

この第 2 実施形態に係る作動流体移動デバイス 2 0 は、上記作動流体移動デバイス 1 0 が奏する (1) 乃至 (5) の効果を同様に奏する。また、圧電／電歪膜 1 2 を備えた一对のセラミックシート 1 1 c, 1 1 c により、流路 2 2 の変形量を大きくすることができる (第 1 距離と第 2 距離との差を大きくすることができるので)、第 1 作動流体 1 4 を確実に分断することができるという効果を奏する。

【 0 0 4 8 】

(第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態に係る作動流体移動デバイス 3 0 について図 4 (A) 及び図 4 (B) を参照しながら説明する。なお、図 4 (A) は作動流体移動デバイス 3 0 の初期状態 (第 1 の状態) における縦断面図であり、図 4 (B) は作動流体移動デバイス 3 0 の駆動状態 (電圧印加時、第 2 の状態) における縦断面図である。作動流体移動デバイス 3 0 の平面図は、初期状態にあるときは図 1 (B) と同様であり、駆動状態にあるときは第 1 作動流体 1 4 が三つに分離する点を除き図 2 (B) と同様であるので省略する。また、電極 1 1 b, 1 1 b は、図示が省略されている。

【 0 0 4 9 】

この作動流体移動デバイス 3 0 は、上述した作動流体移動デバイス 1 0 の流路 1 3 が、その下壁面であって Y 軸方向中央部に凹部 (溝部、又は切欠き部) を備えている点で同デバイス 1 0 と構成上相違している。より具体的に述べると、作動流体移動デバイス 3 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 のセラミックシート 1 1 a を Y 軸方向中央部近傍に凹部 3 1 a 1 を備えるセラミックシート 3 1 a に置換することで構成された収容体 3 1 を備え、この収容体 3 1 が流路 3 2 を備えている点のみにおいて同デバイス 1 0 と異なっている。

【 0 0 5 0 】

このように構成された作動流体移動デバイス 3 0 は、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に駆動のための電圧が印加されていない場合、図 4 (A) に示した初期状態を維持し、第 1 作動流体 1 4 はその表面積を最小にしようとして流

路 3 2 の Y 軸方向中央部にて一つの流体塊となる。この流体塊は、溝部 3 1 a 1 の全域に存在している。この場合、初期状態における収容体 3 1 の Y 軸方向中央部でのセラミックシート 3 1 a の溝部 3 1 a 1 上面とセラミックシート 1 1 c の下面の距離を、便宜上、第 1 距離と呼ぶ。

【 0 0 5 1 】

この状態において、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加すると、圧電／電歪膜 1 2 は横方向に収縮しようとするため、図 4 (B) に示したように、セラミックシート 1 1 c の Y 軸方向中央部が下方へ屈曲変形する。その結果、流路 3 2 の Y 軸方向中央部の断面積が小さくなる。この場合、収容体 3 1 の Y 軸方向中央部での溝部 3 1 a 1 上面とセラミックシート 1 1 c の下面の距離を、便宜上、第 2 距離と呼ぶ。

【 0 0 5 2 】

このとき、第 1 作動流体 1 4 は、流路 3 2 の壁面に対する濡れ性が第 2 作動流体 1 5 よりも良好でないから、同壁面から斥力を受け、表面積を最小にしようとして一部が断面積の大きな流路 3 2 の Y 軸方向両端部に分断されて移動し、流路 3 2 の両端部と中央部にてそれぞれ一つの流体塊となる。つまり、第 1 作動流体 1 4 は、3 つの流体塊に分離する。その際、第 2 作動流体 1 5 は、流路 3 2 の Y 軸両端部にて圧縮されるとともに、第 1 作動流体 1 4 と流路 3 2 の内壁面（特に、内壁面角部）との間に形成される隙を介して流路 3 2 の中央部側に流れ込み、第 1 作動流体 1 4 の流路 3 2 における中央部の流体塊と同流路 3 2 の両端部の流体塊との間においても圧縮され、流路 3 2 の容積変化を吸収する。

【 0 0 5 3 】

その後、圧電／電歪膜 1 2 の上部電極及び下部電極に対する電圧の印加を停止すると、セラミックシート 1 1 c 及び圧電／電歪膜 1 2 は復元し、作動流体移動デバイス 3 0 は図 4 (A) に示した初期状態に復帰する。これにより、流路 3 2 の両端部に分離していた第 1 作動流体 1 4 は、流路 3 2 の Y 軸方向中央部に向けて移動し、同部において一つの流体塊になる。以上が、本実施形態の作動である。

【 0 0 5 4 】

この第 3 実施形態に係る作動流体移動デバイス 3 0 は、上記作動流体移動デバイス 1 0 が奏する (1) 乃至 (5) までの効果を同様に奏する。また、溝部 3 1 a 1 が形成されているから、初期状態において第 1 作動流体 1 4 が流路 3 2 の略中央部付近に確実に存在して一つの流体塊を形成するので、第 1 作動流体 1 4 の動きがより一層安定するという効果を奏する。

【 0 0 5 5 】

(第 4 実施形態)

次に、本発明の第 4 実施形態に係る作動流体移動デバイス 4 0 について図 5 (A) 乃至図 5 (C) を参照しながら説明する。なお、図 5 (A) は作動流体移動デバイス 4 0 の平面図であり、図 5 (B) 及び図 5 (C) は作動流体移動デバイス 4 0 が初期状態 (第 1 の状態) にあるとき及び駆動状態 (電圧印加時、第 2 の状態) にあるときに図 5 (A) に示した 4 - 4 線に沿った平面にて同作動流体移動デバイス 4 0 をそれぞれ切断した断面図である。

【 0 0 5 6 】

この作動流体移動デバイス 4 0 は、互いに直交する X 軸、Y 軸及び Z 軸方向に沿って延びる各辺を有する略直方体形状のセラミックスからなる収容体 4 1 と、アクチュエータとしての圧電/電歪膜 4 2 とを備えている。収容体 4 1 は、その内部に流路 4 3 を備え、流路 4 3 は上記各実施形態と同様に液状の水銀である第 1 作動流体 1 4 と、水銀の蒸気である第 2 作動流体 1 5 とを収容している。収容体 4 1 の各軸に沿った辺の長さは、Y 軸に沿った辺、X 軸に沿った辺、Z 軸に沿った辺の順で短い。

【 0 0 5 7 】

収容体 4 1 は、Z 軸正方向に順に積層され、焼成一体化されたセラミックシート 4 1 a ~ 4 1 c により構成されている。セラミックシート 4 1 a は剛性が高く、その上面であって流路 4 3 の Y 軸方向中央部から所定距離だけ離れた位置 (平面視で薄板部 4 1 c 1 の両外側位置) に、第 1 作動流体 1 4 との濡れ性が良好な材料 (例えば、白金、金等) からなる一対の作動流体位置保持用の薄膜部 4 1 a 1, 4 1 a 1 を備えている。

【 0 0 5 8 】

セラミックシート 4 1 b は、長軸及び短軸がそれぞれ Y 軸及び X 軸方向に沿った長方形の貫通部を平面視で中央部分に備えている。セラミックシート 4 1 c は、平面視において中央部に長円形の薄板部 4 1 c 1 を備えるとともに、同薄板部 4 1 c 1 の周囲に厚板部 4 1 c 2 を備えている。薄板部 4 1 c 1 は、剛性が低いので、変形可能なダイヤフラム（セラミックスダイヤフラム）を構成している。

【 0 0 5 9 】

セラミックシート 4 1 b の貫通部は、セラミックシート 4 1 a の上面とセラミックシート 4 1 c の下面とにより閉塞され、流路 4 3 を構成している。流路 4 3 は、セラミックシート 4 1 c の薄板部 4 1 c 1 が変形可能であることから、変形可能部を備えている。圧電／電歪膜 4 2 は、平面視でセラミックシート 4 1 c の薄板部 4 1 c 1 よりも僅かに小さい長円形状を有していて、同薄板部 4 1 c 1 の上面に焼成により一体化され、同圧電／電歪膜 4 2 の上面及び下面にそれぞれ形成された上部電極及び下部電極の間に電圧が印加されたとき、薄板部 4 1 c 1 の流路 4 3 上面を形成する部分を下方に変形させる力を発生するようになっている。

【 0 0 6 0 】

このように構成された作動流体移動デバイス 4 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 と同様に作動する。ただし、作動流体移動デバイス 4 0 は、作動流体位置保持用の薄膜部 4 1 a 1, 4 1 a 1 を備えているから、その初期状態において、第 1 作動流体 1 4 が流路 4 3 の Y 軸方向中央部に確実に存在して一つの流体塊を形成する。この結果、作動流体移動デバイス 4 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 が奏する（１）乃至（５）の効果に加え、第 1 作動流体 1 4 の動きがより一層安定するという効果を奏する。

【 0 0 6 1 】

以上、説明したように、本発明の各実施形態によれば、応答性に優れ、且つ、エネルギー消費量の少ない作動流体移動デバイスが提供される。なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において以下に述べるような種々の変形例を採用することができる。

【 0 0 6 2 】

(変形例 1)

第 1 作動流体 1 4 は、水銀の他にガリウム合金等からなる液体金属、水、油等の液体、或いは不活性ガス等の気体であってもよい。第 2 作動流体 1 5 は、前記第 1 作動流体 1 4 とは化合・反応せず、且つ同第 1 作動流体 1 4 内に容易に溶解することのない流体であればよく、例えば、磁性材料、ガリウム合金の如き液体金属、水、油、不活性ガス等とすることができる。

【 0 0 6 3 】

なお、第 1 作動流体 1 4 を不活性ガスとした場合であっても、ガリウム合金等のように酸素や水と容易に反応して酸化膜を形成する流体があるので、そのような流体を第 2 作動流体 1 5 として用いる場合には、上記流路内の酸素や水を完全に排除した状態で同第 2 作動流体 1 5 を封入することが好適である。このようにすることにより、各作動流体の移動度（移動のし易さ）を長期間に渡り良好に維持することができる。また、液体金属等は上記流路内にディスペンサー等を用いて容易に注入することができる。

【 0 0 6 4 】

更に、上記流路と外部とを連通する流路内圧力の調整用孔及び同流路と外部とを連通する作動流体注入用の所定の直径（又は所定の断面形状）の孔を上記収容体に設けておき、同流路内の圧力と同作動流体注入用の孔を介して注入する作動流体に加える加圧力との差圧により、同作動流体を同流路に注入してもよい。これによれば、前記差圧及び／又は作動流体注入用の孔の直径（又は断面形状）を調整することで、前記注入する作動流体の量を精度良く調整することができる。

【 0 0 6 5 】

(変形例 2)

上記各実施形態の圧電／電歪膜 1 2, 4 2 は、電極に挟まれた圧電／電歪膜が複数だけ積層された積層型圧電／電歪素子であってもよい。また、圧電／電歪膜の変形により、流路 1 3, 2 2, 3 2, 4 3 の変形可能部（ダイヤフラム）を押圧して変形させてもよい。この場合、圧電／電歪膜と変形可能部とは焼成により一体化されている必要はない。また、変形可能部を変形させるアクチュエータと

しては、圧電／電歪膜 1 2， 4 2 に代えて、反強誘電体膜からなる膜型圧電素子を使用することもできる。さらに、マイクロマシン研究で盛んに研究されている、ギャップを介して対向する電極間に生じる静電力や、通電加熱により形状記憶合金に生じる変形力を、圧電膜の変形力に代えて使用し、これらの力により変形可能部を変形させてもよい。

【 0 0 6 6 】

(変形例 3)

変形可能部の内壁面を含む流路 1 3， 2 2， 3 2， 4 3 の内壁を、第 1 作動流体 1 4 との濡れ性が非良好な材料で被覆してもよい。また、変形可能部の内壁面を含む流路 1 3， 2 2， 3 2， 4 3 の内壁を、第 1 作動流体 1 4 との濡れ性が非良好となるように改質してもよい。更に、第 1 作動流体 1 4 の前記変形可能部を含む流路 1 3， 2 2， 3 2， 4 3 の内壁面に対する濡れ性が非良好となるように、同第 1 作動流体 1 4 に濡れ性改質剤を添加して同第 1 作動流体 1 4 を改質してもよい。この場合、第 1 作動流体 1 4 の濡れ性改質剤としては、適当な合金（単体、又は複数の合金の組成を調整したもの）を用いることができる。

【 0 0 6 7 】

(変形例 4)

上記各実施形態においては、一つのデバイスに変形可能部が一つだけ設けられていたが、一つのデバイスに複数の変形可能部が設けられていてもよい。この場合、変形可能部は、直線状やマトリクス状に配置・形成されていてもよく、任意の箇所に点在するように配置・形成されていてもよい。

【 0 0 6 8 】

(変形例 5)

上記各実施形態においては、第 2 作動流体 1 5 は圧縮性を有するものとされていたが、非圧縮性であってもよい。この場合、流路 1 3， 2 2， 3 2， 4 3 の圧電／電歪膜 1 2， 4 2 による容積変化分を吸収するため、同流路 1 3， 2 2， 3 2， 4 3 の Y 軸方向両端部又は Y 軸方向の一端部にダイヤフラム等からなる変形可能な容積変化吸収部を備えさせることが好適である。

【 0 0 6 9 】

(変形例 6)

上記各実施形態のデバイスは、オン－オフ型のスイッチとして構成されていたが、リレーに適用できる他、圧電／電歪膜 1 2, 4 2 を除去し、検出対象物により変形可能部を押圧するように構成することで、位置検出センサとして使用することもできる。

【 0 0 7 0 】

(変形例 7)

また、例えば、本発明による作動流体移動デバイスは、所謂ロッドレスシリンダーを、マイクロマシン化するためのデバイスとしても用いることができる。ロッドレスシリンダーは、例えば米国特許 3, 7 7 9, 4 0 1 に開示されるように、シリンダー稼動部が完全に密封されていて、密封された空間中で動く稼動部（本願でいう第 1 作動流体 1 4）と磁力により結ばれた作動部が密封空間の外部で往復運動を行い、同可動部の動きを当該ロッドレスシリンダーの系外に及ぼすことができるものである。従って、本発明の第 1 作動流体 1 4 を磁性体で形成し、外部に第 1 作動流体 1 4 と磁力により結ばれた作動部を形成すれば、本発明による作動流体移動デバイスを適用したマイクロ・ロッドレスシリンダーを得ることができる。

【 0 0 7 1 】

(変形例 8)

作動流体移動デバイスは、図 6 (A) 及び図 6 (B) に、それぞれ初期状態及び駆動状態にある作動流体移動デバイスの断面を概念的に示したように、初期状態（第 1 の状態）にあるときに、流路の Y 軸負方向側の断面積が Y 軸正方向側の断面積よりも大きくなるとともに、駆動状態（第 2 の状態）となったときに Y 軸負方向側の断面積が Y 軸正方向側の断面積より小さくなるように構成することが好適である。これによれば、第 1 作動流体を、第 1 及び第 2 の状態それぞれにおいて、狙い通りの位置に確実に留まらせることが可能となる。

【 0 0 7 2 】

(変形例 9)

また、本発明による作動流体移動デバイスは、例えば流路 1 3, 2 2, 3 2,

43を形成する壁面の一部ないし全体に透光性を有する材質を選択し、第1作動流体14を気泡、有色液体や蛍光液体の液胞、又は光反射可能な微小金属体などで構成すれば、光学ディスプレイ素子を得ることもできる。更に、外部から磁氣的、光学的、又は電氣的手段等により第1作動流体14の位置を検知することにより、本発明による作動流体移動デバイスをメモリー素子として使用することもできる。また、第1作動流体14に振動運動を行わせつつ、その運動にコリオリ力等の外力が及ぼす影響を電氣的あるいは光学的等の手段によりセンシングすることで、ジャイロ等のセンサを形成することもできる。

【0073】

(変形例10)

上記各実施形態においては、複数枚のセラミックグリーンシートを焼成・一体化することで上記収容体を形成していた。これに対し、焼成後のセラミックス又はガラスシート等を、レーザー加工、サンドブラスト、エッチング、及びフォトリソグラフィ等の手法を用いて加工し、その加工したシートを接着（接合）することで上記収容体を製造することもできる。この接着には、熱硬化性樹脂、又は紫外線（UV）硬化性樹脂等を接着剤として用いることができる。また、これらの接着剤をスピンコーター等を用いて接着面に均一な膜となるように塗布すれば、より一層機密性の高い接着を行うことができる。

【0074】

(変形例11)

変形例11は、概念図である図7（D）に示したように、一つの極（Pole）と他の一つの極（Throw）とを備えたSPST（Single Pole Single Throw、単極単投）スイッチを構成した作動流体移動デバイス50である。図7（A）は係る作動流体移動デバイス50の平面図である。図7（B）は、作動流体移動デバイス50が初期状態（第1の状態）にあるときに図7（A）の5-5線に沿った平面にて同作動流体移動デバイス50を切断した断面図である。図7（C）は作動流体移動デバイス50が駆動状態（電圧印加時、第2の状態）にあるときに図7（A）の5-5線に沿った平面にて同作動流体移動デバイス50を切断した断面図である。

【 0 0 7 5 】

作動流体移動デバイス 5 0 は、図 5 に示した作動流体移動デバイス 4 0 のセラミックシート 4 1 a をセラミックシート 5 1 a に置換することで構成された流路 5 2 を含む収容体 5 1 を備える点のみににおいて同デバイス 1 0 と異なっている。

【 0 0 7 6 】

セラミックシート 5 1 a は剛性が高く、Z 軸方向に貫通した電極 5 3 と電極 5 4 とを備えている。電極 5 3、5 4 は第 1 作動流体 1 4 との濡れ性が良好な導電性材料（例えば、白金、金等）からなり、上述した薄膜部 4 1 a 1、4 1 a 1 と同様に第 1 作動流体 1 4 の位置を保持する機能を備えている。電極 5 3 は S P S T スイッチの極（Pole）を構成し、電極 5 4 は S P S T スイッチの投（Throw）を構成するものである。

【 0 0 7 7 】

電極 5 3、5 4 は、セラミックシート 5 1 a の上面（Z 軸正方向側の面）にて同上面に沿うように形成された電極部（端子）5 3 a、5 4 a をそれぞれ備えている。電極部 5 3 a、5 4 a は、流路 5 2 の Y 軸方向中央部から所定距離だけ離れた位置（平面視で薄板部 4 1 c 1 の両外側位置）に配設されている。また、電極 5 3、5 4 は、セラミックシート 5 1 a の下面にて同下面に沿うように形成された接続部 5 3 b、5 4 b をそれぞれ備えている。

【 0 0 7 8 】

このように構成された作動流体移動デバイス 5 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 と実質的に同様に作動する。即ち、作動流体移動デバイス 5 0 は、圧電／電歪膜 4 2 の上部電極及び下部電極に駆動のための電圧が印加されていない場合、図 7（B）に示した初期状態を維持する。この場合、第 1 作動流体 1 4 は、流路 5 2 の中央部にて一つの流体塊となる。この結果、電極部 5 3 a 及び電極部 5 4 a は一つの流体塊となっている導電性の第 1 作動流体 1 4 により同時に覆われるので、電極 5 3 と電極 5 4 とは導通状態となる。

【 0 0 7 9 】

この状態において、圧電／電歪膜 4 2 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加すると、図 7（C）に示したように、セラミックシート 4 1 c の Y 軸方向中央

部（薄板部 4 1 c 1）が下方へ屈曲変形する。その結果、流路 5 2 の Y 軸方向中央部の断面積（Y 軸方向に直交する平面で流路 5 2 を切断した断面の面積）が小さくなる。

【 0 0 8 0 】

従って、第 1 作動流体 1 4 は、流路 5 2 の壁面から斥力を受け、表面積を最小にしようとして断面積が大きな流路 5 2 の Y 軸方向両端部に分断（分離）されて移動し、同両端部にてそれぞれ一つの流体塊となる。この結果、電極部 5 3 a 及び電極部 5 4 a は、二つに分離した第 1 作動流体 1 4 の流体塊それぞれにより覆われる。しかしながら、二つに分離した第 1 作動流体 1 4 の流体塊の間には絶縁性の第 2 作動流体 1 5 が存在することになるので、電極 5 3 と電極 5 4 とは非導通状態となる。

【 0 0 8 1 】

その後、圧電／電歪膜 4 2 の上部電極及び下部電極に対する電圧の印加を停止すると、セラミックシート 4 1 c 及び圧電／電歪膜 4 2 は復元し、作動流体移動デバイス 5 0 は図 7（B）に示した初期状態に復帰する。これにより、二つに分離した第 1 作動流体 1 4 の各流体塊は（流路 5 2 の Y 軸方向両端部において圧縮された第 2 作動流体 1 5 からの力も受け）流路 5 2 の Y 軸方向中央部に向けて移動し、同部において一つの流体塊になる。この結果、電極 5 3 と電極 5 4 は再び導通状態となる。以上が、本変形例の作動である。

【 0 0 8 2 】

この変形例のように、流路変形部（流路 5 2 に露呈した薄板部 4 1 c 1 及び圧電／電歪膜 4 2（更には、第 1 作動流体 1 4））は S P S T スイッチの導通状態の切換器（端子導通状態の切換器）を構成する。また、作動流体移動デバイス 5 0 は、作動流体移動デバイス 4 0 と同様に、電極部 5 3 a, 5 4 a が第 1 作動流体位置保持用の薄膜部としても機能するから、その初期状態において、第 1 作動流体 1 4 が流路 5 2 の Y 軸方向中央部に確実に存在して一つの流体塊を形成する。この結果、作動流体移動デバイス 5 0 は、作動流体移動デバイス 1 0 が奏する（1）乃至（5）の効果に加え、第 1 作動流体 1 4 の動きがより一層安定するので、高速スイッチングが可能で且つ切換動作が安定した S P S T スイッチとなる。

。また、この例では、電極部 5 3 a, 5 4 a が、常に第 1 作動流体 1 4 に覆われた状態に維持される。従って、電極部 5 3 a, 5 4 a が劣化し難いという利点も得られる。

【 0 0 8 3 】

(変形例 1 2)

変形例 1 2 は、概念図である図 8 (C) に示したように、一つの共通端子 (COM) と、一つの常閉 (ノーマリークローズ、NC) 端子と、一つの常開 (ノーマリーオープン、NO) 端子とを備えた SPDT (Single Pole Double Throw、単極双投) スイッチを構成した作動流体移動デバイス 6 0 である。図 8 (A) は係る作動流体移動デバイス 6 0 が初期状態にあるときの縦断面図である。図 8 (B) は作動流体移動デバイス 6 0 が作動状態 (切換状態) にあるときの縦断面図である。

【 0 0 8 4 】

この作動流体移動デバイス 6 0 は、図 7 に示した作動流体移動デバイス 5 0 の二つを Y 軸方向に隣接させ、それらの収容体を一体化したものと実質的に同じ構成を有している。より具体的に述べると、作動流体移動デバイス 6 0 の収容体 6 1 は、Y 軸に沿って二つの流路 6 2, 6 3 を備えている。ここでは、便宜上、図 8 (A) 及び (B) の左側に示された流路を左側流路 (第 1 流路) 6 2 と呼び、図 8 (A) 及び (B) の右側に示された流路を右側流路 (第 2 流路) 6 3 と呼ぶ。流路 6 2, 6 3 のそれぞれには、第 1 作動流体 1 4 と第 2 作動流体 1 5 とが収容されている。

【 0 0 8 5 】

左側流路 6 2 の中央部上方には圧電/電歪膜 6 4 が備えられ、その圧電/電歪膜 6 4 は左側流路 6 2 の変形可能部を構成することになる薄板部 6 5 の上面に固着されている。圧電/電歪膜 6 4 及び薄板部 6 5 は、作動流体移動デバイス 5 0 の圧電/電歪膜 4 2 及び薄板部 4 1 c 1 と同一の構成を備えている。同様に、右側流路 6 3 の中央部上方には圧電/電歪膜 6 6 が備えられ、その圧電/電歪膜 6 6 は右側流路 6 3 の変形可能部を構成することになる薄板部 6 7 の上面に固着されている。圧電/電歪膜 6 6 及び薄板部 6 7 も、作動流体移動デバイス 5 0 の圧

電／電歪膜 4 2 及び薄板部 4 1 c 1 と同一の構成を備えている。

【 0 0 8 6 】

収容体 6 1 は、合計で 4 個の電極 6 2 a, 6 2 b, 6 3 a, 6 3 b を備えている。一对の電極 6 2 a, 6 2 b は、左側流路 6 2 の下面に沿うように配置された電極部 6 2 a 1, 6 2 b 1 をそれぞれ備えている。また、一对の電極 6 2 a, 6 2 b は、収容体 6 1 の下面に沿うように形成された接続部 6 2 a 2, 6 2 b 2 をそれぞれ備えている。一对の電極 6 2 a, 6 2 b の流路 6 2 に対する位置関係は、作動流体移動デバイス 5 0 の一对の電極 5 3, 5 4 の流路 5 2 に対する位置関係と同様である。

【 0 0 8 7 】

一对の電極 6 3 a, 6 3 b は、右側流路 6 3 の下面に沿うように配置された電極部 6 3 a 1, 6 3 b 1 をそれぞれ備えている。また、一对の電極 6 3 a, 6 3 b は、収容体 6 1 の下面に沿うように形成された接続部 6 3 a 2, 6 3 b 2 をそれぞれ備えている。一对の電極 6 3 a, 6 3 b の流路 6 3 に対する位置関係は、作動流体移動デバイス 5 0 の一对の電極 5 3, 5 4 の流路 5 2 に対する位置関係と同様である。

【 0 0 8 8 】

左側通路 6 2 の右側にある電極 6 2 b の接続部 6 2 b 2 は、右側通路 6 3 の左側にある電極 6 3 a の接続部 6 3 a 2 と収容体 6 1 の外部にて電氣的に接続されている。この接続点が S P D T スイッチの共通端子 COM を構成している。

【 0 0 8 9 】

次に、作動流体移動デバイス 6 0 の作動について説明する。図 8 (A) に示したように、作動流体移動デバイス 6 0 が初期状態にあるとき、左側流路 6 2 の圧電膜 6 4 の上部電極及び下部電極の間には電圧を印加しない（第 1 の状態とする）。従って、左側流路 6 2 内の第 1 作動流体 1 4 は、左側流路 6 2 の中央部に一つの流体塊となり、この一つの流体塊は電極部 6 2 a 1 及び電極部 6 2 b 1 を同時に覆う。その結果、電極 6 2 a と電極 6 2 b とは導通状態となる。

【 0 0 9 0 】

一方、作動流体移動デバイス 6 0 が初期状態にあるとき、右側流路 6 3 の圧電

／電歪膜 6 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しておく（第 2 状態とする。）。従って、圧電／電歪膜 6 6 の作動により薄板部 6 7 が下方に屈曲変形し、右側流路 6 3 の Y 軸方向中央部の断面積が小さくなる。この結果、右側流路 6 3 の第 1 作動流体 1 4 は右側流路 6 3 の壁面から斥力を受け、二つの分離した流体塊となる。

【 0 0 9 1 】

かかる状態においては、右側流路 6 3 内の左側の第 1 作動流体 1 4 の流体塊は左側の電極部 6 3 a 1 を覆う。右側流路 6 3 内の右側の第 1 作動流体 1 4 の流体塊は右側の電極部 6 3 b 1 を覆う。しかしながら、この二つに分離した第 1 作動流体 1 4 の流体塊の間には絶縁性の第 2 作動流体 1 5 が存在することになるので、電極 6 3 a と電極 6 3 b とは非導通状態となる。

【 0 0 9 2 】

次に、左側流路 6 2 の圧電／電歪膜 6 4 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加する（第 2 の状態とする）とともに、右側流路 6 3 の圧電／電歪膜 6 6 の上部電極と下部電極に対する電圧の印加を停止する（第 1 の状態とする。）。この状態を、便宜上、切換状態と呼ぶ。この切換状態では、図 8（B）に示したように、圧電／電歪膜 6 4 の作動により薄板部 6 5 が下方に屈曲変形し、左側流路 6 2 の Y 軸方向中央部の断面積が小さくなる。この結果、左側流路 6 2 の第 1 作動流体 1 4 は左側流路 6 2 の壁面から斥力を受け、二つの分離した流体塊となる。

【 0 0 9 3 】

かかる状態においては、左側の第 1 作動流体 1 4 の流体塊は左側流路 6 2 の左側の電極部 6 2 a 1 を覆う。右側の第 1 作動流体 1 4 の流体塊は左側流路 6 2 の右側の電極部 6 2 b 1 を覆う。しかしながら、この二つに分離した第 1 作動流体 1 4 の流体塊の間には絶縁性の第 2 作動流体 1 5 が存在することになるので、電極 6 2 a と電極 6 2 b とは非導通状態となる。

【 0 0 9 4 】

一方、右側流路 6 3 の圧電／電歪膜 6 6 は復元し、薄板部 6 7 も通常の状態（平面状）に復帰する。この結果、右側流路 6 3 の第 1 作動流体 1 4 は中央部に一つの流体塊となり、この一つの流体塊は電極部 6 3 a 1 及び電極部 6 3 b 1 を

同時に覆う。その結果、電極 6 3 a と電極 6 3 b とは導通状態となる。

【 0 0 9 5 】

その後、左側流路 6 2 の圧電／電歪膜 6 4 の上部電極及び下部電極の間への電圧印加を停止し、右側流路 6 3 の圧電／電歪膜 6 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加する。これにより、作動流体移動デバイス 6 0 は図 8 (A) に示した初期状態に復帰する。以上が、作動流体移動デバイス 6 0 の作動である。

【 0 0 9 6 】

以上、説明したように、作動流体移動デバイス 6 0 においては、初期状態か切換状態かにかかわらず電極 6 2 b と電極 6 3 a は導通状態に維持される。一方、電極 6 2 a と電極 6 2 b は初期状態において導通状態におかれ、切換状態において非導通状態におかれる。従って、電極 6 2 a は常閉（ノーマリークローズ）の端子を構成する。他方、電極 6 3 a と電極 6 3 b は初期状態において非導通状態におかれ、切換状態において導通状態におかれる。従って、電極 6 3 b は常開（ノーマリークオープン）の端子を構成する。

【 0 0 9 7 】

このように、作動流体移動デバイス 6 0 は作動流体移動デバイス 5 0 を二つ利用している。従って、作動流体移動デバイス 6 0 は、作動流体移動デバイス 5 0 が有する高速応答性等の利点を総べて兼ね備えた S P D T スイッチとなっている。

【 0 0 9 8 】

なお、上記の例においては、初期状態において圧電／電歪膜 6 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しておく必要がある構成となっていたが、圧電／電歪膜 6 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しない状態において同圧電／電歪膜 6 6 及び薄板部 6 7 が下方へ屈曲変形して図 8 (A) に示した状態となるように予め形成しておき、切換状態において圧電／電歪膜 6 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加し、圧電／電歪膜 6 6 及び薄板部 6 7 を上方へ変形させて図 8 (B) に示した状態になるように構成してもよい。

【 0 0 9 9 】

(変形例 1 3)

変形例 1 3 は、変形例 1 2 と同じく、概念図である図 9 (C) に示したような SPDT スイッチを構成した作動流体移動デバイス 7 0 である。図 9 (A) は係る作動流体移動デバイス 7 0 が初期状態にあるときの縦断面図である。図 9 (B) は作動流体移動デバイス 7 0 が作動状態（切換状態）にあるときの縦断面図である。また、図 1 0 は、この作動流体移動デバイス 7 0 の平面図を概念的に示した図である。

【0 1 0 0】

この作動流体移動デバイス 7 0 は、一つの流路内に 3 個の電極部（端子）を設けることにより SPDT スイッチを構成している。より具体的に述べると、作動流体移動デバイス 7 0 の収容体 7 1 は、Y 軸に沿って延びた直線状の一つの流路 7 2 を備えている。流路 7 2 には第 1 作動流体 1 4 a, 1 4 b と第 2 作動流体 1 5 とが収容されている。第 1 作動流体は、後述する初期状態及び切換状態の何れの状態においても、二つの流体塊 1 4 a, 1 4 b として存在する。図 9 において、便宜上、流路 7 2 の左側及び右側に位置する第 1 作動流体の塊を左側第 1 作動流体 1 4 a 及び右側作動流体 1 4 b とそれぞれ呼ぶ。第 2 作動流体 1 5 は、第 1 作動流体 1 4 が存在していない部分を満たすようになっている。

【0 1 0 1】

収容体 7 1 は、流路 7 2 の中央部よりも図 9 において左側の上方に圧電／電歪膜 7 4 を備えている。圧電／電歪膜 7 4 は、流路 7 2 の中央部よりも図 9 において左側に形成された変形可能部を構成することになる薄板部 7 5 の上面に固着されている。圧電／電歪膜 7 4 及び薄板部 7 5 は、作動流体移動デバイス 4 0, 5 0 の圧電／電歪膜 4 2 及び薄板部 4 1 c 1 と同一の構成を備えている。

【0 1 0 2】

同様に、収容体 7 1 は、流路 7 2 の中央部よりも図 9 において右側の上方に圧電／電歪膜 7 6 を備えている。圧電／電歪膜 7 6 は、流路 7 2 の中央部よりも図 9 において右側に形成された変形可能部を構成することになる薄板部 7 7 の上面に固着されている。圧電／電歪膜 7 6 及び薄板部 7 7 は、作動流体移動デバイス 4 0, 5 0 の圧電／電歪膜 4 2 及び薄板部 4 1 c 1 と同一の構成を備えている。

【0 1 0 3】

収容体 71 は、合計で 3 個の電極 72 a, 72 b, 72 c を図 9 において左から順に備えている。電極 72 a, 72 b, 72 c は、流路 72 の下面に沿うように配置された電極部 72 a 1, 72 b 1, 72 c 1 をそれぞれ備えている。電極部 72 a 1 は薄板部 75 の直下よりも僅かだけ左側に、電極部 72 b 1 は薄板部 75 と薄板部 77 との間の部分の直下に、電極部 72 c 1 は薄板部 77 の直下よりも僅かだけ右側に形成されている。また、電極 72 a, 72 b, 72 c は、収容体 71 の下面に沿うように形成された接続部 72 a 2, 72 b 2, 72 c 2 をそれぞれ備えている。

【0104】

次に、作動流体移動デバイス 70 の作動について説明する。図 9 (A) に示したように、作動流体移動デバイス 70 が初期状態にあるとき、圧電／電歪膜 74 の上部電極及び下部電極の間には電圧を印加しない。このとき、左側第 1 作動流体 14 a は、相対的に長い一つの流体塊となり、電極部 72 a 1 及び電極部 72 b 1 を同時に覆う。その結果、電極 72 a と電極 72 b とは導通状態となる。

【0105】

一方、作動流体移動デバイス 70 が初期状態にあるとき、圧電／電歪膜 76 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しておく。従って、圧電／電歪膜 76 の作動により薄板部 77 が下方に屈曲変形し、薄板部 77 の下方における流路 72 の断面積が小さくなる。この結果、右側第 1 作動流体 14 b は流路 72 壁面（薄板部 77 の下面）から斥力を受け、薄板部 77 の直下には存在せず、流路 72 の図 9 における右側端部にて一つの流体塊となる。

【0106】

かかる状態においては、右側第 1 作動流体 14 b は電極部 72 c 1 を覆うが、電極部 72 b 1 を覆わない。また、左側第 1 作動流体 14 a と右側作動流体 14 b の間には絶縁性の第 2 作動流体 15 が存在することになる。この結果、電極 72 c と電極 72 b とは非導通状態となる。

【0107】

次に、圧電／電歪膜 74 の上部電極と下部電極との間に電圧を印加するとともに、圧電／電歪膜 76 の上部電極と下部電極に対する電圧の印加を停止する。こ

の状態を、便宜上、切換状態と呼ぶ。この切換状態では、図 9 (B) に示したように、圧電／電歪膜 7 4 の作動により薄板部 7 5 が下方に屈曲変形し、薄板部 7 5 下方における流路 7 2 の断面積が小さくなる。この結果、左側第 1 作動流体 1 4 a は流路 7 2 壁面（薄板部 7 5 の下面）から斥力を受けて二つに分離し、一つは流路 7 2 の図 9 における左側端部にて相対的に短い流体塊となるとともに、他の一つは図 9 における右側方向に移動して右側第 1 作動流体 1 4 b と一体となる。

【0108】

かかる状態においては、左側第 1 作動流体 1 4 a は電極部 7 2 a 1 を覆うが、電極部 7 2 b 1 を覆わない。また、左側第 1 作動流体 1 4 a と右側作動流体 1 4 b の間には絶縁性の第 2 作動流体 1 5 が存在することになる。この結果、電極 7 2 a と電極 7 2 b とは非導通状態となる。

【0109】

一方、圧電／電歪膜 7 6 は復元し、薄板部 7 7 も通常の状態（平面状）に復帰する。この結果、右側第 1 作動流体 1 4 b は相対的に長い一つの流体塊となり、この一つの流体塊は電極部 7 2 b 1 及び電極部 7 2 c 1 を同時に覆う。従って、電極 7 2 b と電極 7 2 c とは導通状態となる。

【0110】

その後、圧電／電歪膜 7 4 の上部電極及び下部電極に対する電圧印加を停止し、圧電／電歪膜 7 6 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加する。これにより、作動流体移動デバイス 7 0 は図 9 (A) に示した初期状態に復帰する。以上が、作動流体移動デバイス 7 0 の作動である。

【0111】

以上、説明したように、初期状態においては、電極 7 2 b と電極 7 2 a は導通状態を維持し、電極 7 2 b と電極 7 2 c は非導通状態となる。一方、切換状態において電極 7 2 b と電極 7 2 a は非導通状態となり、電極 7 2 b と電極 7 2 c は導通状態となる。従って、電極 7 2 a は常閉（ノーマリークローズ）の端子を構成し、電極 7 2 c は常開（ノーマリークオープン）の端子を構成する。

【0112】

このように、作動流体移動デバイス 70 は、作動流体移動デバイス 50 と同様に、斥力を利用して第 1 作動流体を移動せしめているので、作動流体移動デバイス 50 が有する高速応答性等の利点を総べて兼ね備えた SPDT スイッチとなっている。

【0113】

なお、上記の例においては、初期状態において圧電／電歪膜 76 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しておく必要がある構成となっていたが、圧電／電歪膜 76 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加しない状態において同圧電／電歪膜 76 及び薄板部 77 が下方へ屈曲変形して図 9 (A) に示した状態となるように予め形成しておき、切換状態において圧電／電歪膜 76 の上部電極及び下部電極の間に電圧を印加し、薄板部 77 を上方へ変形させて図 9 (B) に示した状態となるように構成してもよい。

【0114】

(変形例 14)

変形例 14 は、変形例 13 と同様に、一つの（同一の）流路に複数の切換器を設けた作動流体移動デバイスである。即ち、変形例 14 に係る作動流体移動デバイス 80 は、概念的な平面図である図 11 (A) に示したように、一つの流路 82 と、その流路 82 に対して形成された 4 個の切換器 84～87 と、電極 82a～82f と、流路 82 の中央に形成されて流路 82 の断面積を小さくし第 1 作動流体の通過を阻止する絞り部 83 とを備えている。

【0115】

切換器 84 は電極 82a と 82b の間に設けられ、切換器 85 は電極 82b と電極 82c を含む部分の間に設けられている。これら、切換器 84、85 と電極 82a～82c は、実質的に図 10 に示した作動流体移動デバイス 70 と同じであり、一つの SPDT スイッチを構成している。切換器 86 は電極 82d と 82e の間に設けられ、切換器 87 は電極 82e と電極 82f の間に設けられている。これら、切換器 86、87 と電極 82d～82f を含む部分は、実質的に作動流体移動デバイス 70 と同じであり、図 10 (B) に示した一つの SPDT スイッチを構成している。

【0116】

このように、作動流体移動デバイス80は、一つの流路82を用いて、図11(B)に示した二つのSPDTスイッチを構成している。

【0117】

また、変形例14に係る他の作動流体移動デバイス90は、図12(A)に示したように、一つの流路92と、その流路92に対して形成された6個の切換器93～98と、電極92a～92iと、流路92の中央に形成されて流路91の断面積を小さくし第1作動流体の通過を阻止する絞り部92-1及び92-2とを備えている。電極92a～92iは、図12(A)において流路92の左から順に形成されている。絞り部92-1及び92-2は、それぞれ電極92cと電極92dの間及び電極92fと電極92gの間に設けられている。

【0118】

切換器93は電極92aと92bの間に設けられ、切換器94は電極92bと電極92cの間に設けられている。これら、切換器93、94と電極92a～92cを含む部分は、実質的に図10に示した一つの作動流体移動デバイス70と同じであり、一つのSPDTスイッチを構成している。切換器95は電極92dと92eの間に設けられ、切換器96は電極92eと電極92fの間に設けられている。これら、切換器95、96と電極92d～92fを含む部分は、実質的に作動流体移動デバイス70と同じであり、一つのSPDTスイッチを構成している。同様に、切換器97は電極92gと92hの間に設けられ、切換器98は電極92hと電極92iの間に設けられている。これら、切換器97、98と電極92g～92iを含む部分は、実質的に作動流体移動デバイス70と同じであり、一つのSPDTスイッチを構成している。

【0119】

このように、作動流体移動デバイス90は、一つの流路92を用いて、図12(B)に示した3個のSPDTスイッチを構成している。

【0120】

以上に説明した作動流体移動デバイス70～90は、一つの(同一の)流路内に複数の電極部(第1作動流体14, 14a, 14bにより導通状態と非導通状

態との間で切り換えられる端子)と切換器とを備えている。即ち、これらのデバイスは、各流路の変形可能部(薄板部)が変形する前は前記第1作動流体を介して導通状態及び非導通状態のうちの一つの状態となり、同変形可能部が変形した後は同第1作動流体が移動することによって導通状態及び非導通状態のうちの他の一つの状態となる少なくとも一对の端子を備える形式の作動流体移動デバイスが、一つの流路に前記変形可能部及び前記一对の端子からなる端子導通状態切換器(切換装置)を複数形成したものとなっている。これは、一つの流路を使用して複数のスイッチを構成したスイッチングユニットである。

【0121】

これによれば、一つの流路に一つの端子導通状態切換器を形成した作動流体移動デバイスを複数個使用した場合と同じスイッチング機能を達成できるとともに、流路本数が少ないので、第1、第2作動流体を流路内に充填するのに要する手間及び労力等を低減することができる。また、一つの端子(電極部)を、同一の端子を挟むように隣接する二つの端子に対する共通電極(例えば、電極72b、82b、82e、92b…等)として使用することも可能となり、この場合、端子数を低減することができるので、デバイスのコストを低下させることができる。

【0122】

更に、この場合、二つ以上の流路変形部を使用するので、少なくとも一つの流路変形部を変形させずに他の総べての流路変形部を変形させた場合でも、流路内の(最大の)圧力変化量(圧力減少量及び/又は圧力増加量)は、一つの流路に一つの切換装置を形成した作動流体移動デバイスにおける流路変形部の変形に伴う圧力変化量よりも小さくなる(又は、同等以下となる)。

【0123】

また、上記作動流体移動デバイス70～90は、それぞれの収容体71、81、91が、一つの流路72、82、92に対して前述した変形可能部を複数有するとともに、各変形可能部の変形により同各変形可能部における同流路の内壁面に実質的に接触する前記第1作動流体が同内壁面から受ける斥力によって移動するように構成されているということもできる。

【 0 1 2 4 】

これによれば、一つの流路に一つの変形可能部を形成した作動流体移動デバイスを複数個使用した場合と実質的に同じ機能を達成できるとともに、流路本数が少ないので、第 1, 第 2 作動流体を流路内に充填するのに要する手間及び労力等を低減することができる。また、第 1 作動流体の移動速度を決定する要因となる流路内圧力の調整回数を低減することができる。

【 0 1 2 5 】

更に、二つ以上の流路変形部を使用するので、少なくとも一つの流路変形部を変形させずに他の総べての流路変形部を変形させた場合でも、流路内の圧力変化量（圧力減少量及び／又は圧力増加量）を、一つの流路に一つの流路変形部を形成した作動流体移動デバイスにおける同流路変形部の変形に伴う圧力変化量よりも低減することができる。

【 0 1 2 6 】

（変形例 1 5）

変形例 1 5 は、変形例 4 で述べた変形可能部（即ち、切換器）をマトリクス状に配置した作動流体移動デバイスを試験装置に適用した例である。具体的に述べると、この作動流体移動デバイス 2 0 0（スイッチングユニット 2 0 0）は、図 1 3 に示されたように、マトリクス状（この例では、4 行 4 列のマトリクス状）に配置された複数の作動流体移動デバイス 5 0 を備えている。

【 0 1 2 7 】

第 1 被試験装置 2 0 1 の一対の端子は A 行及び B 行を構成する接続線 L A, L B にそれぞれ接続されている。第 2 被試験装置 2 0 2 の一対の端子は C 行及び D 行を構成する接続線 L C, L D にそれぞれ接続されている。また、第 1 信号源 2 1 1 及び第 2 信号源 2 1 2 は、第 1 列及び第 2 列をそれぞれ構成する接続線 L 1 及び L 2 にそれぞれ接続されている。更に、第 1 測定器 2 2 1 及び第 2 測定器 2 2 2 は、第 3 列及び第 4 列をそれぞれ構成する接続線 L 3 及び L 4 にそれぞれ接続されている。

【 0 1 2 8 】

各作動流体移動デバイス 5 0 は、各列及び各行の信号線の間に配置されている

。例えば、A行の接続線L Aと第1列の接続線L 1の間に一つの作動流体移動デバイス5 0が配置され、作動流体移動デバイス5 0はこれらの接続線L A、L 1間の導通状態を切り換えられるようになっている。つまり、第n行（nはA～D）の接続線L nと第m列（mは1～4）の接続線L mとの間に一つの作動流体移動デバイス5 0が配置され、この作動流体移動デバイス5 0により接続線L nと接続線L mの導通状態が切り換えられるようになっている。

【0 1 2 9】

かかる構成において、例えば、第1信号源2 1 1を使用して第1被試験装置2 0 1に信号を供給し、その際の第1被試験装置2 0 1の状態（出力）を第1測定器2 2 1で計測する場合、B行第1列の作動流体移動デバイス5 0を作動して接続線L Bと接続線L 1を導通状態とするとともに、A行第3列の作動流体移動デバイス5 0を作動して接続線L Aと接続線L 3を導通状態とする。

【0 1 3 0】

これにより、第1信号源2 1 1からの信号が接続線L 1、B行第1列の作動流体移動デバイス5 0及び接続線L Bを介して第1被試験装置2 0 1に供給され、第1被試験装置2 0 1の出力が接続線L A、A行第3列の作動流体移動デバイス5 0及び接続線L 3を介して第1測定器2 2 1に供給される。

【0 1 3 1】

このように、本変形例の作動流体移動デバイス2 0 0は、作動流体移動デバイス5 0をマトリクス状に配置して使用する接続線の切り換えを行うスイッチングユニットとなっている。本発明による作動流体移動デバイスは、セラミックス積層プロセスを利用することが可能であるので、作動流体移動デバイス2 0 0のように複数個のスイッチを同一面内に経済的に形成・製造することができる。また、本発明によれば、一つのスイッチングユニット内に形成される複数の作動流体移動デバイス間の特性ばらつき（スイッチング性能のばらつき）が小さいので、信頼性の高いスイッチングユニットを提供することができる。

【0 1 3 2】

なお、上記スイッチングユニット（作動流体移動デバイス）2 0 0を、更に積層することにより、三次元的なスイッチングが可能なスイッチングユニットを構

成することも可能である。これによれば、集積度が高く、より小型で且つ低コストのスイッチングユニットを提供することができる。

【0133】

(変形例16)

上記各実施形態においては、駆動状態において第1作動流体14が確実に移動又は分離（分断）したか否か、及び、初期状態に戻ったときに同作動流体14が確実に一体化したか否かを確認できるように構成することが好適である。具体的には、収容体外部から流路まで光が到達可能となるように同収容体の一部又は全部を透明な材質（透光性を有する材質で）構成し、例えば、レーザー等の光学式位置検出装置を用いて第1作動流体14の位置及び／又は状態を確認できるようにすることができる。また、第1作動流体14が液体金属であれば、電界中を液体金属が移動することにより生じる渦電流を検出することで、同第1作動流体14の位置及び／又は状態を確認できるようにすることができる。更に、超音波を流路に対して与え、その反射波を検出することによっても、第1作動流体14の位置及び／又は状態を確認できるようにすることができる。

【0134】

以上、説明したように、本発明の各実施形態及び各変形例に係る作動流体移動デバイスは、エネルギーの変換ロスが小さく、且つ、応答性良く作動流体を移動することができるデバイスとなっている。なお、上述した各実施形態及び各変形例は、適宜組合せて使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1（A）は本発明の第1実施形態に係る作動流体移動デバイスの初期状態における断面図であり、図1（B）は同作動流体移動デバイスの同初期状態における平面図である。

【図2】 図2（A）は本発明の第1実施形態に係る作動流体移動デバイスの駆動状態における断面図であり、図2（B）は同作動流体移動デバイスの同駆動状態における平面図である。

【図3】 図3（A）は本発明の第2実施形態に係る作動流体移動デバイスの初期状態における断面図であり、図3（B）は同作動流体移動デバイスの駆動状態

における縦断面図である。

【図 4】 図 4 (A) は本発明の第 3 実施形態に係る作動流体移動デバイスの初期状態における断面図であり、図 4 (B) は同作動流体移動デバイスの駆動状態における縦断面図である。

【図 5】 図 5 (A) は本発明の第 4 実施形態に係る作動流体移動デバイスの平面図、図 5 (B) は同デバイスが初期状態にあるときに図 5 (A) に示した 4 - 4 線に沿った平面にて同デバイスを切断した断面図、及び図 5 (C) は同デバイスが駆動状態にあるときに図 5 (A) に示した 4 - 4 線に沿った平面にて同デバイスを切断した断面図である。

【図 6】 図 6 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの変形例の初期状態における断面を概念的に示した図であり、図 6 (B) は同作動流体移動デバイスの変形例の駆動状態における断面を概念的に示した図である。

【図 7】 図 7 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの変形例の平面図、図 7 (B) は同作動流体移動デバイスが初期状態にあるときに図 7 (A) の 5 - 5 線に沿った平面にて同作動流体移動デバイスを切断した断面図、図 7 (C) は同作動流体移動デバイスが駆動状態にあるときに図 7 (A) の 5 - 5 線に沿った平面にて同作動流体移動デバイスを切断した断面図、図 7 (D) は同作動流体移動デバイスの変形例の機能を示した図である。

【図 8】 図 8 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの他の変形例の初期状態における断面を概念的に示した図、図 8 (B) は図 8 (A) に示した作動流体移動デバイスの駆動状態における断面を概念的に示した図、図 8 (C) は図 8 (A) に示した作動流体移動デバイスの機能を示した図である。

【図 9】 図 9 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの他の変形例の初期状態における断面を概念的に示した図、図 9 (B) は図 9 (A) に示した作動流体移動デバイスの駆動状態における断面を概念的に示した図、図 9 (C) は図 9 (A) に示した作動流体移動デバイスの機能を示した図である。

【図 10】 図 9 (A) 及び (B) に示した作動流体移動デバイスの概念的平面図である。

【図 11】 図 11 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの他の変形例の

概念的平面図、図 1 1 (B) は図 1 1 (A) に示した作動流体移動デバイスの機能を示した図である。

【図 1 2】 図 1 2 (A) は本発明による作動流体移動デバイスの他の変形例の概念的平面図、図 1 2 (B) は図 1 2 (A) に示した作動流体移動デバイスの機能を示した図である。

【図 1 3】 本発明による作動流体移動デバイスの他の変形例を示した概念図である。

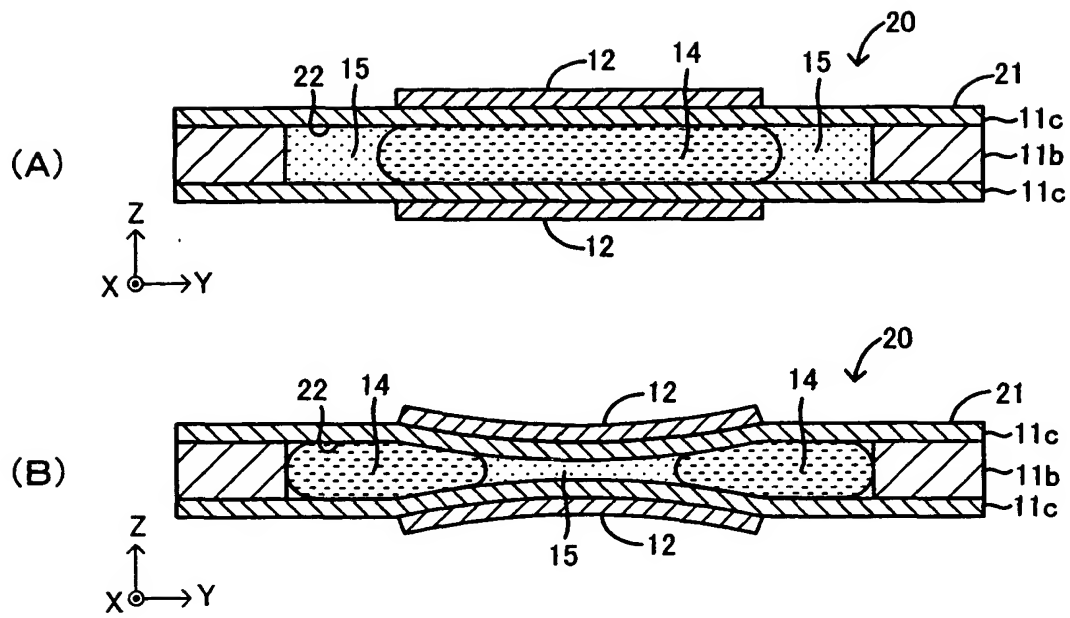
【図 1 4】 従来の作動流体移動デバイスの概念図である。

【図 1 5】 図 1 4 に示した作動流体移動デバイスの流路の断面図である。

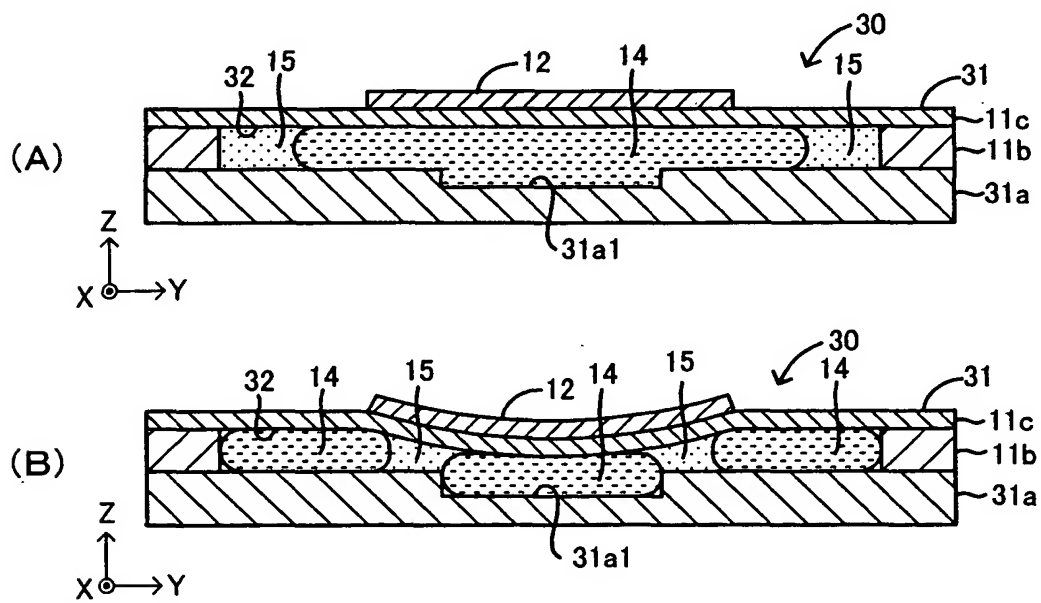
【符号の説明】

1 0 …作動流体移動デバイス、1 1 …収容体、1 1 a ～ 1 1 c …セラミックシート、1 1 b 1 …電極部、1 2 …圧電／電歪膜、1 3 …流路、1 4 …第 1 作動流体、1 5 …第 2 作動流体。

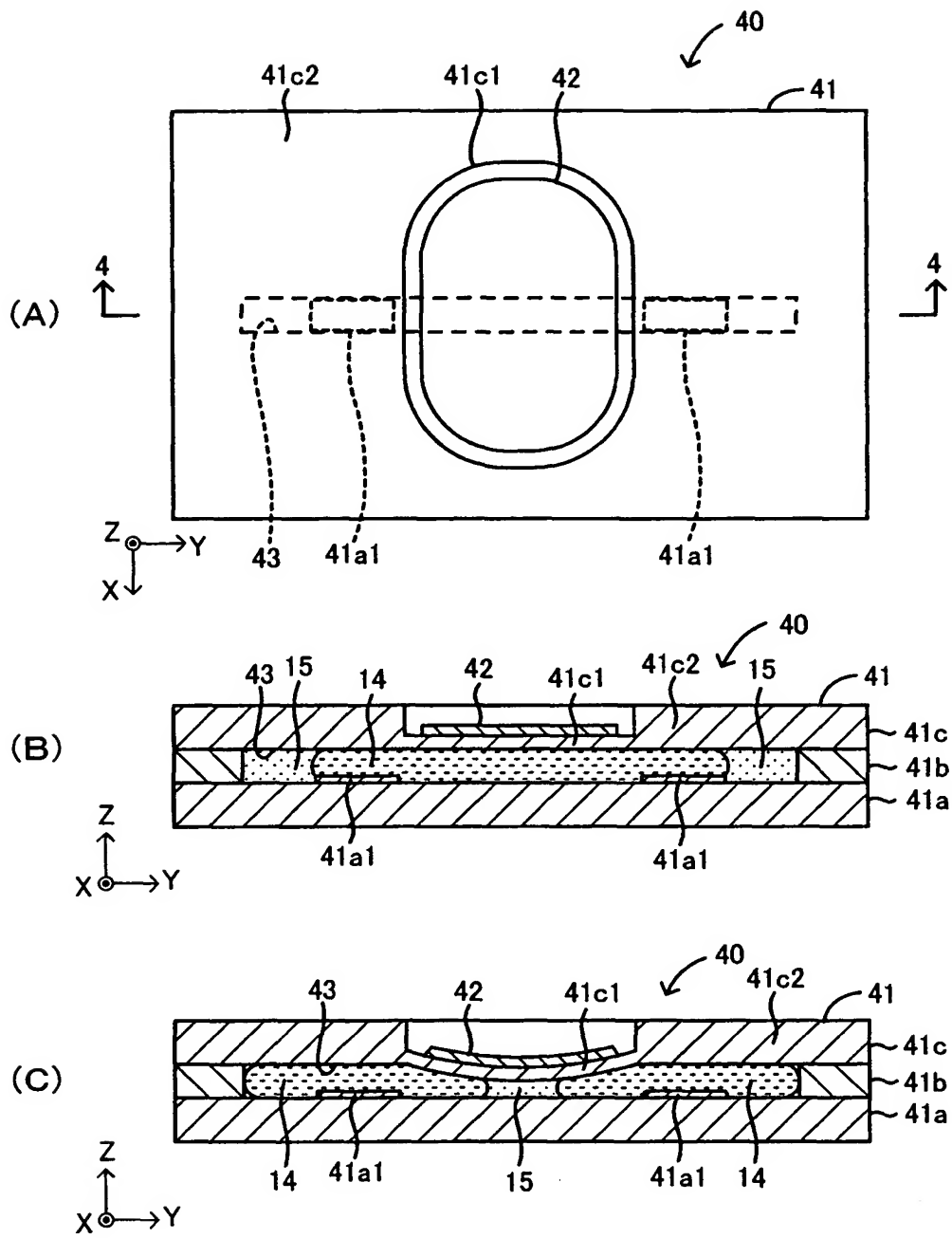
【図 3】



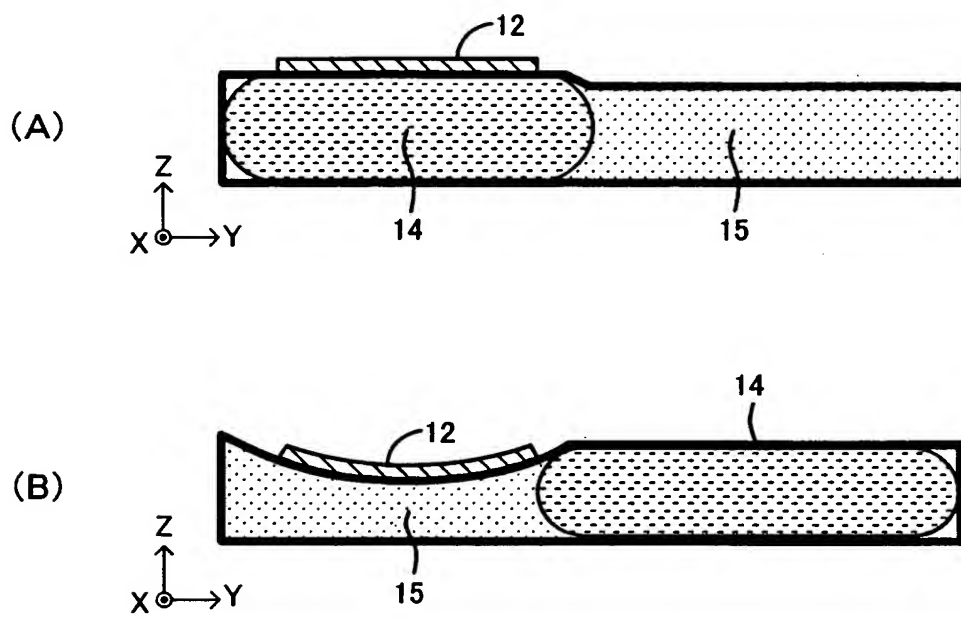
【図 4】



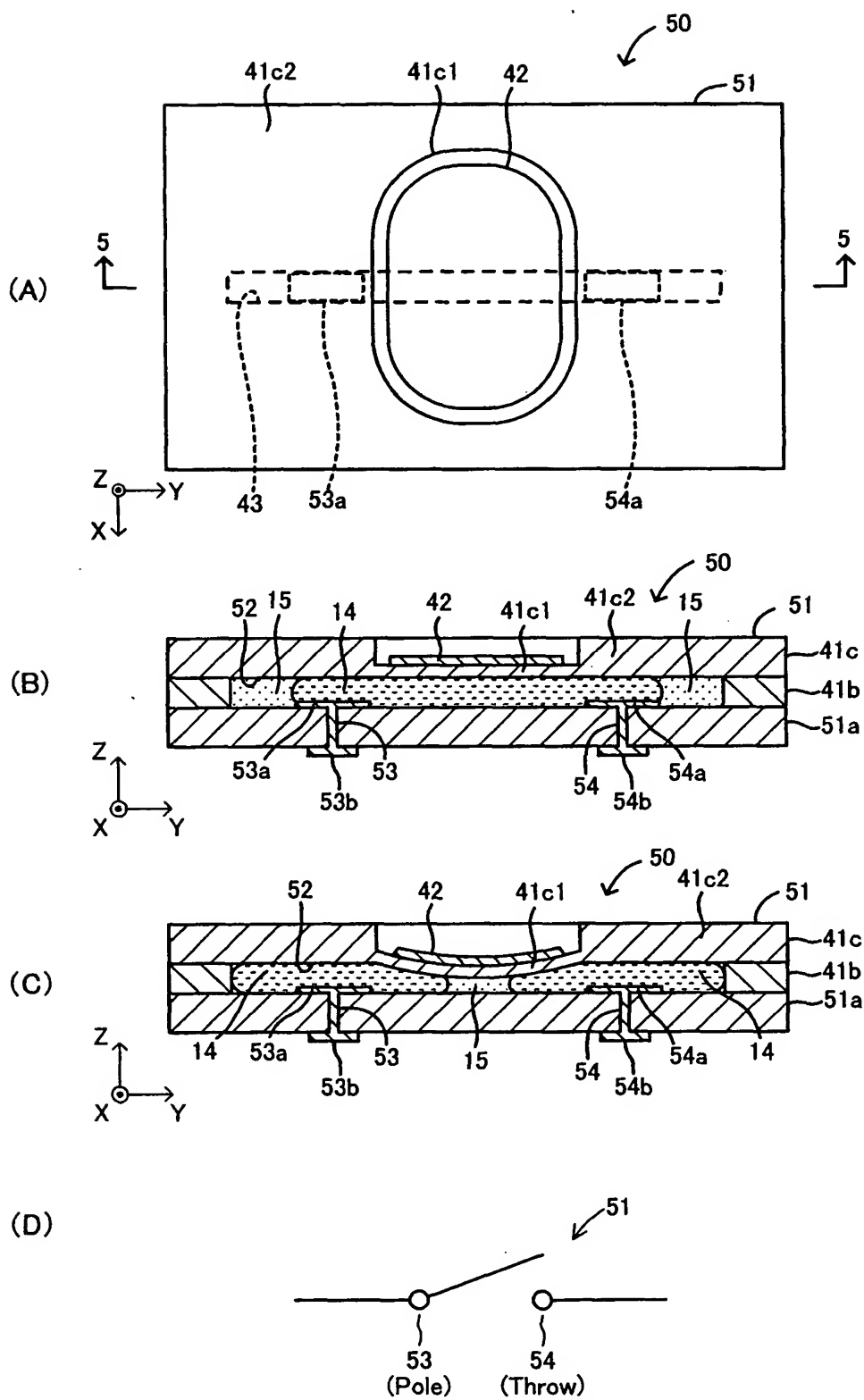
【図 5】



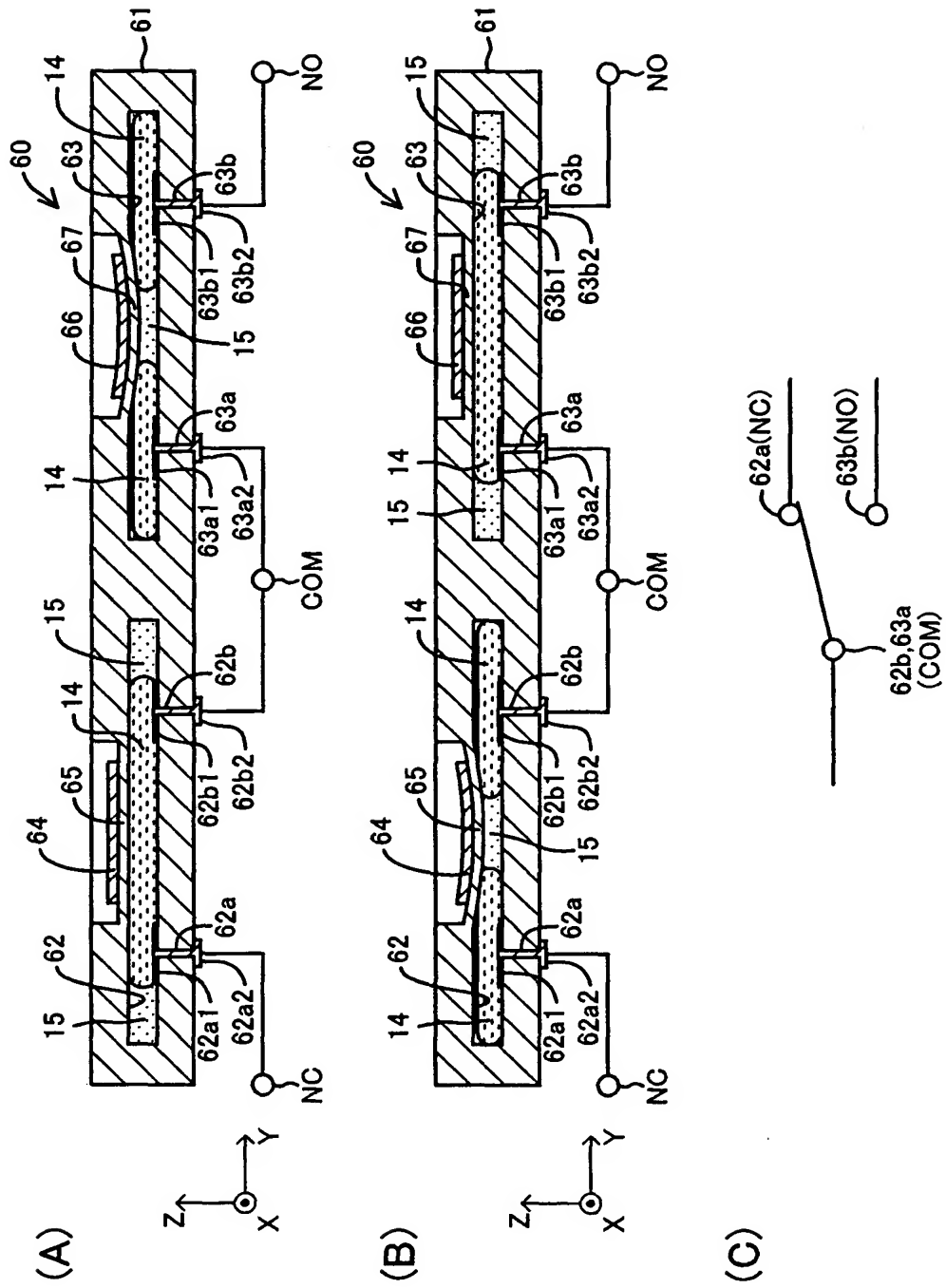
【図 6】



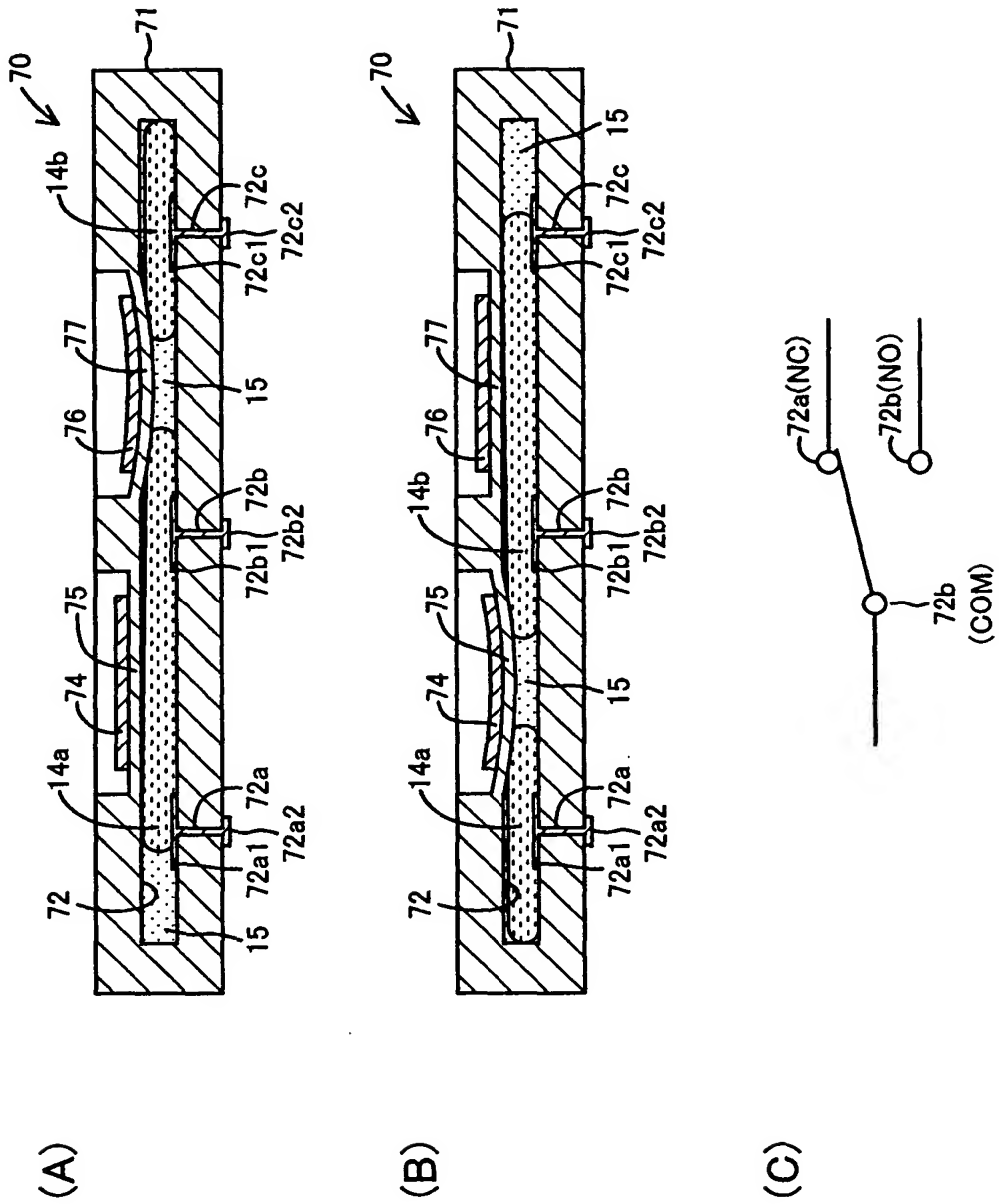
【図 7】



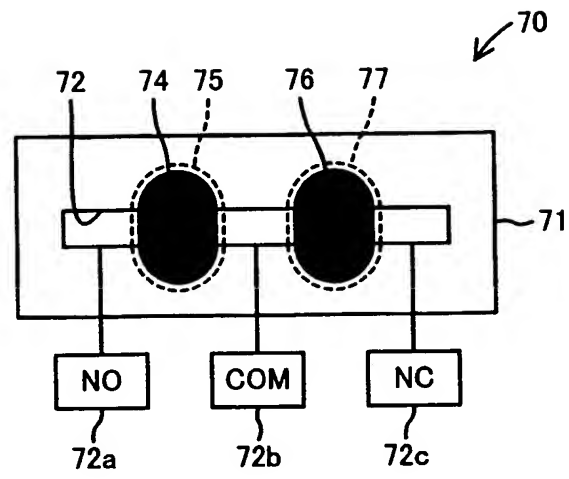
【図8】



【図 9】

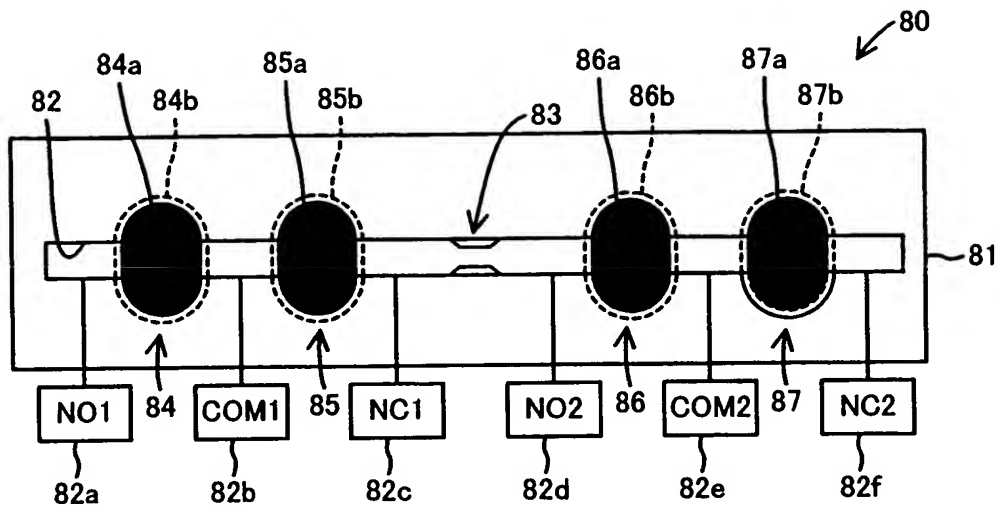


【図 1 0】

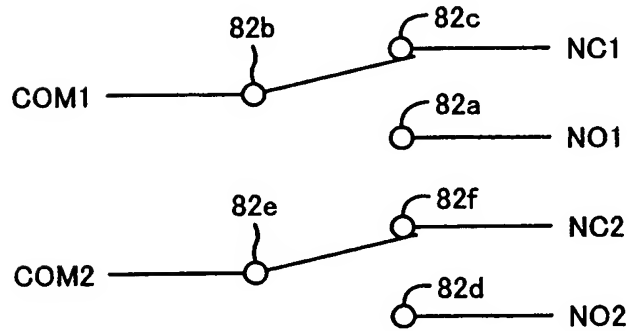


【図 11】

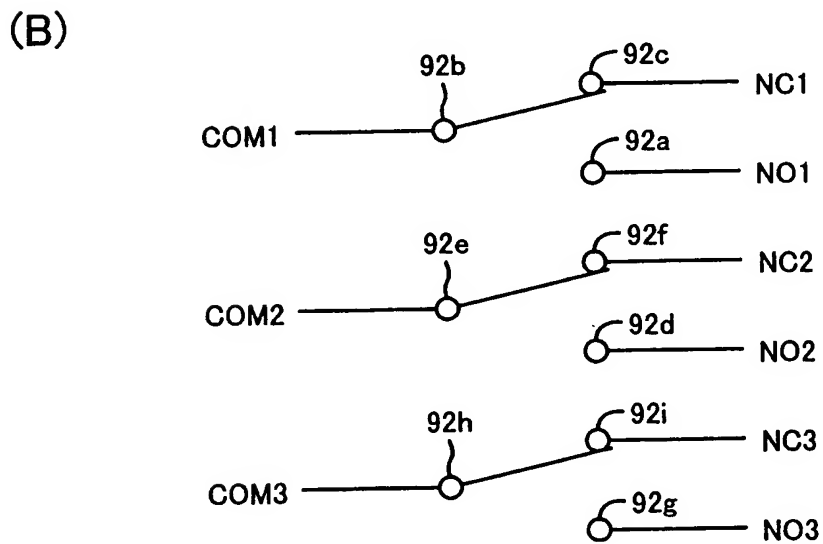
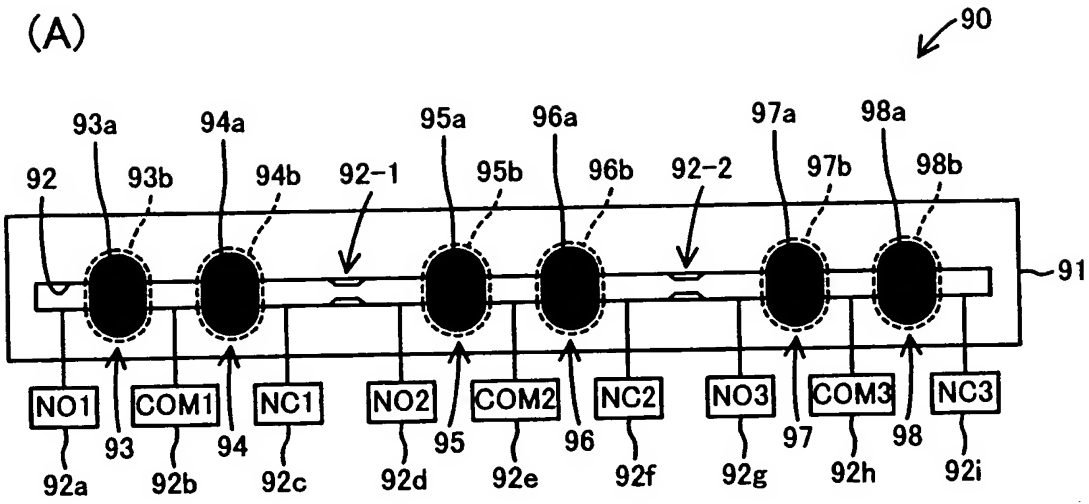
(A)



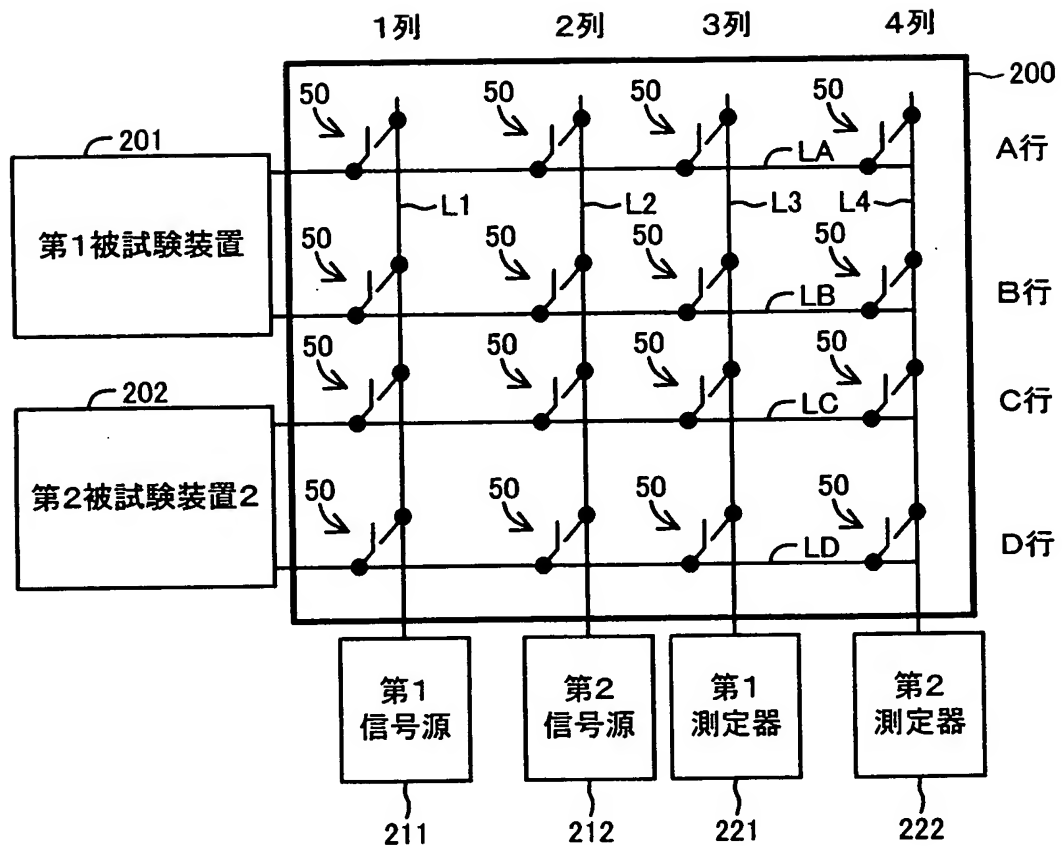
(B)



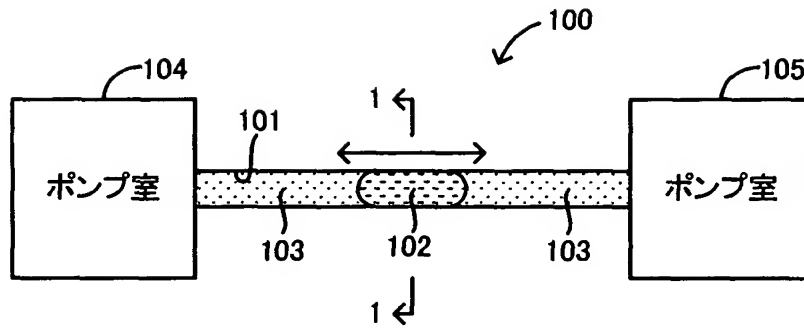
【図 1 2】



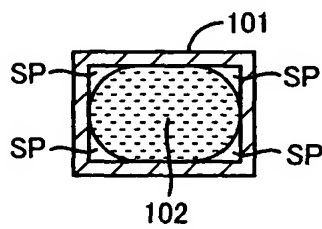
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エネルギー損失が小さく、応答性に優れた作動流体移動デバイスを提供すること。

【解決手段】 作動流体移動デバイス 1 0 は、セラミックシート 1 1 a ~ 1 1 c の積層体であり、これらにより流路 1 3 を構成している。セラミックシート 1 1 c はダイヤフラムを構成し、圧電／電歪膜 1 2 はセラミックシート 1 1 c の上面に一体化されている。流路 1 3 内には、第 1 作動流体 1 4 と第 2 作動流体 1 5 とが収容され、前記流路の内壁面に対する同第 1 作動流体の濡れ性は同第 2 作動流体の濡れ性よりも非良好である。圧電／電歪膜に電圧が印加されると、セラミックシート 1 1 c の中央部が屈曲変位して流路の断面積が小さくなり、流路の中央部に一つの流体塊として存在していた第 1 作動流体 1 4 は、流路の壁面から濡れ性が良好でないことに起因する斥力を受けて 2 つに分離し、流路内を移動する。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-084485
受付番号	50300489577
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年 3月31日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月26日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004064
【住所又は居所】	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
【氏名又は名称】	日本碍子株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋KSビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名 古屋KSビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004064]

1. 変更年月日 1990年 8月24日
[変更理由] 新規登録
住 所 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
氏 名 日本碍子株式会社